а 16040
Депозитарий

А. П. ЗНАМЕНСКИЙ

СПРАВОЧНИК МЕТАЛЛИСТА

Издание шестое

305462

I

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ПО МАШИНОСТРОЕНИЮ И МЕТАЛЛООБРАБОТКЕ
ЛЕНИНГРАД — 1933 — МОСКВА

МО-10-5-5

Дзя[illegible]ка
імя [illegible]на
№21359

1. Автор — профессор Ленинградского Института Точной Механики и Оптики — заведующий кафедрой механической технологии металлов; технический директор завода ГОМЗ им. ОГПУ.

2. Справочник металлиста состоит из двух томов. Первый том представляет собой общую часть справочника, заключающую в себе вспомогательные таблицы общего пользования, изучение материалов и деталей машин, включая резьбу и допуски на резьбу. Второй том содержит допуски для гладких деталей, инструментальное дело и приемы холодной обработки металлов.

3. Справочник предназначается для работников металлообрабатывающей и машиностроительной промышленности, для инженеров, техников, студентов, мастеров и квалифицированных рабочих, занятых как в технических бюро, так и в мастерских.

Характер изложения в основном рассчитан на квалифицированный круг читателей.

1966 г.

ОТ ИЗДАТЕЛЬСТВА.

За последние несколько лет подведена мощная индустриальная база в *социалистическом хозяйстве СССР. В металлообрабатывающую* промышленность страны вовлечены многие сотни тысяч новых рабочих, *овладевающих при небывалых в истории* страны темпах самыми разнообразными отраслями производства.

Осуществление исторического *лозунга т. Сталина о подъеме* промышленности СССР на высшую ступень мировой техники обязывало Издательство принять меры к *удовлетворению необычайно возросших* потребностей рабочих, техников и инженеров в технической книге, помогающей *им приобщаться к передовой технике новых социалистических* предприятий.

Во исполнение решений высших партийных и правительственных организаций о создании справочников для рабочих и инженерно-технического персонала — *ГОСМАШМЕТИЗДАТ выпускает в ближайшее* время ряд справочников, по различным отраслям машиностроения и металлообработки, одним из которых и является *«Справочник Металлиста»*.

Заботясь о наиболее полном удовлетворении запросов читателей, Госмашметиздат обращается с просьбой указать недочеты справочника как в части содержания, так и оформления его.

Отмеченные пожелания следует направлять по адресу:

Ленинград, Госпитальная ул. 3/8,

ГОСМАШМЕТИЗДАТ.

ПРЕДИСЛОВИЕ К ШЕСТОМУ ИЗДАНИЮ.

Шестое издание «Справочник Металлиста» значительно обновлено и расширено по сравнению с предыдущими изданиями. Пересмотр и расширение книги были необходимы, чтобы хотя в самой скромной степени приблизить ее к эффективному обслуживанию чрезвычайно возросших потребностей советской металлообрабатывающей промышленности, рост и пути развития которой не знают примеров в истории человечества. Упрощенные и популярные сведения если и могут еще теперь иногда служить для повышения общетехнического развития части работников промышленности, то для решения производственных задач они обычно недостаточны, так как чем шире формулировки технических инструкций, тем менее они удобны и менее действенны на практике.

В шестом издании в основном разработаны те же темы, что и в предыдущих изданиях книги, но более подробно и углубленно. Огромное большинство статей написано заново, в частности по всем вопросам обработки металлов.

Пересмотр содержания книги для шестого издания велся главным образом с точки зрения включения в «Справочник» сведений о тех исследованиях и производственном опыте в области металлообработки, которыми были так богаты последние годы.

Между двумя томами, составляющими теперь «Справочник», содержание распределено следующим образом: в первый том вошла общая часть, статьи о материалах, деталях машин и резьбе; во второй том отнесены допуски для гладких деталей, описание методов холодной обработки металла и инструментальное дело.

Трудно предположить, чтобы такая большая работа, как это последнее издание «Справочника», составленное в условиях большой загрузки автора другими работами, могла быть выполнена без погрешностей. Поэтому автор обращается с просьбой к тем из читателей «Справочника», которые обнаружат ошибки, неточности или опечатки или которые могли бы поделиться своими соображениями по затронутым в «Справочнике» вопросам, сообщать об этом по адресу: Госмашметиздат, Ленинград, Госпитальная 3/8, Автору. Считаю необходимым здесь высказать благодарность тем из читателей «Справочника», которые уже оказали аналогичную помощь в прошлом.

В заключение должен отметить большой труд инж.-мех. С. М. Дорфман, выполнявшей компановку табличного материала и правку корректуры.

А. Знаменский.

Ленинград, 22 июня 1933 г.

ГЛАВЛЕНИЕ К I ТОМУ.

Стр.

От издательства III
Предисловие IV
Сокращенные обозначения основных величин 1

I. Математика.

1. Вспомогательные таблицы 11
   1. Таблицы для вычисления степеней, корней, десятичных логарифмов, обратных величин, длин окружностей и площадей кругов 11
   2. Простые числа и простые множители чисел 39
   3. Часто встречающиеся числа 45
   4. Греческий алфавит 46
2. Алгебра 46
3. Тригонометрия 57
   1. Назначение и терминология 57
   2. *Зависимости между тригонометрическими функциями* . . . 58
   3. Значения тригонометрических функций 62
   4. Решение треугольников и многоугольников 85
4. Построение важнейших кривых 93
5. Вычисление элементов плоских фигур 99
6. Вычисление поверхностей и объемов тел 107

II. Мера и вес.

1. Международная метрическая система мер 112
2. Старые русские меры 113
3. Английские меры 116
4. Переводные таблицы 117

III. Основные единицы и величины.

1. Основные физические величины, единицы и системы единиц . . 125
2. Геометрические величины 125
3. Механические величины 126
4. Тепловые величины 131
5. Электрические величины 139
6. Световые величины 140
7. Акустические величины 144

IV. Материалы

1. *Химия* 147
   1. Химические элементы 147
   2. Удельный вес 154

стр.

2. Испытание материалов 162
1. Испытание механических свойств 162
2. Испытание твердости 172
3. Испытание технологических свойств 187
4. Макро и микроанализ 194
3. Допустимые напряжения 203
1. Допустимые напряжения в машиностроении 203
2. Допустимые напряжения в строительном деле 210
4. Моменты инерции, моменты сопротивления и моменты сил . . . 216

V. Чугун и сталь.

1. Чугун 223
1. Классификация сортов чугуна 223
2. Влияние примесей на свойства чугуна 223
3. Классификация сортов литейного чугуна 228
4. Механические свойства чугуна 228
5. Ковкий чугун 234
2. Поделочная сталь 237
1. Обозначение сортов стали 237
2. Углеродистая поделочная сталь 239
3. Специальная поделочная сталь 255
3. Стальное литье 272
4. Инструментальная сталь 277
1. Общие сведения 277
2. Углеродистая инструментальная сталь 278
3. Специальные сорта инструментальной стали 279
4. Быстрорежущая сталь 285
5. Специальные быстрорежущие сплавы 289
5. Выбор стали 298
1. Назначение главнейших сортов инструментальной стали . . 298
2. Выбор стали для различных изделий 300
3. Сравнительная стоимость инструментальной стали 309

VI. Тепловая обработка стали.

1. Диаграмма состояния железо-углеродистых сплавов 310
2. Отжиг 314
3. Закалка 321
4. Отпуск 332
5. Тепловая обработка быстрорежущей стали 334
6. Цементация 337
7. Соляные и свинцовые ванны 341
8. Измерение температуры при тепловой обработке 346

VII. Цветные металлы.

1. Медь 349
2. Цинк 352
3. Латунь 353
4. Олово 363
5. Бронза 367
6. Красное литье 368

стр.

7. Никель 369
8. Никелевые сплавы 370
9. Свинец 374
10. Алюминий 374
11. Алюминиевые сплавы 378
12. Сплавы для отливок под давлением 387
13. Баббиты 389
14. Легкоплавкие сплавы 391
15. Биметалл 392
16. Пластические массы 393
17. Стоимость некоторых материалов 395

VIII. Паяние 397

IX. Сортамент металлов.

1. Сортамент черных металлов 404
   1. *Фасонные прокатные металлы* 404
   2. Прутки круглые, квадратные и шестигранные 413
   3. Листовой и полосовой металл 426
2. Сортамент цветных металлов 438
   1. Прутки круглые, квадратные и шестигранные 438
   2. Листовой и ленточный металл 449
3. Трубы 460

X. Детали машин.

1. Болты, шпильки, штифты, винты, гайки и шайбы 463
   1. Расчет болтов и гаек 463
   2. Нормализация болтов, шпилек, штифтов, винтов, гаек и шайб 465
2. Заклепки 515
   1. Расчет заклепочных швов 515
   2. Нормализация заклепок 517
3. Пружины 523
   1. Расчет цилиндрических пружин 523
   2. Расчет конических и параболических пружин 529
   3. Расчет пружин работающих на изгиб 530
   4. Модуль упругости, модуль сдвига и допустимые напряжения, принимаемые при расчете пружин 531
4. Шпонки 532
   1. Расчет шпоночных соединений 532
   2. Нормализация шпонок 533
5. Валы 545
6. Ременная передача 551
   1. Ремни 551
   2. Шкивы для ременной передачи 556
   3. Расчет ременной передачи 559
7. Зубчатые колеса 564
   1. Цилиндрические колеса 564
   2. Конические колеса 583
   3. Винтовые зубчатые колеса 586
   4. Шевронные колеса 592

стр.
5. Червячная передача 592
6. Точность изготовления зубчатых колес 598
7. Цепная передача 600

XI. Резьба.

1. Терминология и основные понятия 603
1. Терминология 603
2. Основные элементы резьбы и их взаимная связь 604
2. Нормализация резьбы 605
3. Таблицы резьб 611
4. Допуски для резьбы 652
5. *Таблицы допусков для резьб* 660
6. Система предельных калибров для проверки резьбы 680
7. Допуски на изготовление и износ резьбовых калибров 688
8. Габаритные размеры резьбовых калибров 703
9. Способы измерения резьбы 710
Предметный указатель 717

СОКРАЩЕННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ОСНОВНЫХ ВЕЛИЧИН.

Обозначения, относящиеся к математике, согласованы с ОСТ 573 к сопротивлению материалов — с ОСТ 2582, к метрическим мерам — с ОСТ 516, к электротехнике — с ОСТ 515, к абсолютной системе механических единиц — с ОСТ 169, к теоретической механике—с ОСТ 2932. Упомянутые в ОСТ символы отмечены звездочкой (*).

Символ или обозначение	Определение	Символ или обозначение	Определение
	Математика.		
%	процент, сотые доли *	$\geqq$	больше или равно *
‰	про милле, тысячные доли *	$\ll$	мало сравнительно с *
( )	круглые скобки *	$\gg$	велико сравнительно с*
[ ]	квадратные скобки *	$\perp$	перпендикулярно *
{ }	фигурные скобки *	$\parallel$	параллельно *
,	запятая, знак десятичной дроби *	#	равно и параллельно *
+	плюс, знак сложения *	$\uparrow\uparrow$	параллельно и одинаково направлено *
−	минус, знак вычитания *	$\uparrow\downarrow$	параллельно и направлено в разные стороны *
· ×	знаки умножения *	...	до *
: — /	знаки деления *	$\sqrt{\ }$	знак корня *
=	равно, знак равенства *	| |	абсолютная величина реального или комплексного числа *
≠	неравно, знак неравенства *	i	мнимость — корень квадратный из — 1 *
≡	тождественно или тождественно равно *	°	градус *
≈	приближенно равно *	′	минута, фут *
∼	подобно, пропорционально *	″	секунда, дюйм *
<	меньше чем *	π	отношение длины окружности к градусу *
>	больше чем *	e	основание натуральных логарифмов *
$\leqq$	меньше или равно *		

Продолжение

Символ или обозначение	Определение	Символ или обозначение	Определение
log	логарифм *	const	константа — постоянное число *
$\log_a$	логарифм при основании a *	∞	бесконечность *
lg	десятичный логарифм *	lim	предел *
ln	натуральный логарифм *	$\to$	*стремится к* *
AB, $\overline{AB}$	участок AB *	$\triangle$	приращение *
$\smile AB$, $\widehat{AB}$	дуга AB *	d	диференциал *
$\angle$, $\sphericalangle$	угол *	δ	вариация *
$\triangle$	треугольник *	$\prime$ $\prime\prime$ $\prime\prime\prime$ IV	обозначения последовательных производных от функций *
sin	*синус* *		
cos	косинус *		
tg	тангенс *	$\frac{d}{dx}$	выражение первой производной от функции одного переменного через диференциал *
ctg	котангенс *		
sec	секанс *		
cosec	косеканс *	$\frac{d^n}{dx^n}$	выражение производной n—го порядка при $n > 1$ от функции одного переменного через диференциалы *
arc sin	арксинус *		
arc cos	*арккосинус* *		
arc tg	арктангенс *		
arc ctg	арккотангенс *	f'_x, f'_y, f''_{xx}, $\frac{\partial f}{\partial x}$, $\frac{\partial f}{\partial y}$, $\frac{\partial^2 f}{\partial x^2}$	частные производные от функции нескольких переменных *
sh	синус гиперболический *		
ch	косинус гиперболический *		
th	тангенс гиперболический *		
cth	котангенс гиперболический *	Σ	сумма *
Ar sh	арсинус гиперболический *	$\int$	*интеграл* *
Ar ch	аркосинус гиперболический *	$\int_a^b$	определенный интеграл с нижним и верхним пределом *
Ar th	артангенс гиперболический *	Π	произведение *
Ar cth	аркотангенс гиперболический *	$n!$	факториал *
$a, b, c \ldots$	постоянные числа *	$\div$	обозначение арифметической прогрессии
x, y, z, u	переменные числа *	$\div\!\!\div$	обозначение геометрической прогрессии
$f(\,)$, $\varphi(\,)$	функция одного или нескольких переменных *		

Символ или обозначение	Определение	Символ или обозначение	Определение
	Длина, площадь, объем		
	Символы		
h	высота (толщина) *	F	площадь *
b	ширина *	F_{net}	площадь за вычетом отверстий *
d, D	диаметр *	V	объем *
r, R	радиус *	ρ	радиус кривизны кривой *
l, L	длина *		
	Сокращенные обозначения.		
км	километр *	*куб. км*, $км^3$	кубический километр *
м	метр *	*куб. м*, $м^3$	кубический метр *
дм	дециметр *	*куб. дм*, $дм^3$	кубический дециметр *
см	сантиметр *	*куб. см*, $см^3$	кубический сантиметр *
мм	миллиметр *	*куб. мм*, $мм^3$	кубический миллиметр *
μ	микрон *	*кл*	килолитр *
мμ	миллимикрон *	*гл*	гектолитр *
Å	ангстрем *	*дкл*	декалитр *
кв. км, $км^2$	квадратный километр *	*л*	литр *
га	гектар *	*дл*	децилитр *
а	ар *	*сл*	сантилитр *
кв. м, $м^2$	квадратный метр *	*мл*	миллилитр *
кв. дм, $дм^2$	квадратный дециметр *		
кв. см, $см^2$	квадратный сантиметр *		
кв. мм, $мм^2$	квадратный миллиметр *		
	Масса. Символы.		
m	масса $\left(\frac{G}{g}\right)$ *	γ	вес единицы объема
v	удельный объем *	γ_0	удельный вес
G	вес *	A	атомный вес
g	ускорение силы тяжести *	M	молекулярный вес

Символ или обозначение	Определение	Символ или обозначение	Определение
	Сокращенные обозначения.		
т	тонна *	*г*	грамм *
ц	центнер *	*дг*	дециграмм *
кг	килограмм *	*сг*	сантиграмм *
дкг	декаграмм *	*мг*	миллиграмм *
	Время, скорость, ускорение.		
t	время *	f	частота
s	длина пути *	v	скорость *
T	продолжительность периода	a	ускорение *
n	число оборотов в единицу времени	g	ускорение силы тяжести *
n	число колебаний	ω	угловая скорость *
		ε	угловое ускорение *
	Работа, энергия, мощность.		
F, P	сила *	μ	коэфициент трения
W	работа *	U	потенциальная энергия деформированной системы *
E	энергия кинетическая *		
П	энергия потенциальная *	L	момент количества движения точки, а также главный момент количества движения системы *
N	мощность *		
η	коэфициент полезного действия		
	Теплота.		
Q	количество тепла	S	энтропия
r	теплота парообразования	k	теплопроводность
H	теплотворная способность	α	коэфициент линейного расширения от нагревания
c	теплоемкость	γ	коэфициент объемного расширения от нагревания ($\gamma = 3\alpha$)
c_p	теплоемкость при постоянном давлении	t	температура (от точки таяния льда)
c_v	теплоемкость при постоянном объеме		

Символ или обозначение	Определение	Символ или обозначение	Определение
T	абсолютная температура ($T = 273 + t$)	*cal* *k cal*	малая калория большая калория
	Оптика, фотометрия.		
λ	длина световой волны	F	световой поток
n	показатель преломления среды относительно воздуха	Q	количество света
		B	яркость
I	сила света	E	освещенность
	Сопротивление материалов.		
P	внешняя сосредоточенная сила *	E	модуль упругости *
		G	модуль сдвига *
p	давление (распределенная нагрузка на единицу площади) *	β	коэфициент сдвига *
		σ	нормальное напряжение *
q	распределенная нагрузка на единицу длины *	τ	касательное напряжение *
A, B	вертикальные составляющие опорных реакций двуопорной балки *	σ_b	временное сопротивление разрыву
A_0, A_1, $A_2 \ldots$	вертикальные составляющие опорных реакций многопролетной балки *	$\sigma_{сж}$	временное сопротивление сжатию
		$\sigma_{см}$	временное сопротивление смятию
H	горизонтальная составляющая опорных реакций однопролетной балки *	$\sigma_и$	временное сопротивление изгибу
		$\sigma_{ср}$	временное сопротивление срезу
H_0, H_1, $H_2 \ldots$	горизонтальные составляющие опорных реакций многопролетной балки *	$\sigma_{кр}$	временное сопротивление кручению
		σ_w	сопротивление усталости — наибольшее напряжение, которое материал может выдерживать произвольно долгое время при действии одинаковых по величине, но разных по направлению, усилий
N	сила нормальная в плоскости сечения *		
Q	поперечная или перерезывающая сила *		
P_k	критическая сила при продольном изгибе *		

Символ или обозначение	Определение	Символ или обозначение	Определение
σ_y	сопротивление усталости второго рода — наибольшее напряжение, которое материал может выдерживать произвольно долгое время при действии различных по величине, но одинаковых по направлению, усилий	ΔF_0	абсолютное уменьшение площади сечения образца при испытании на разрыв *
σ_p	предел пропорциональности *	ψ	относительное уменьшение сечения образца при разрыве в процентах от первоначального сечения (относительное сжатие) *
σ_e	предел упругости *	ε_q	поперечное сжатие при растяжении, равное отношению уменьшения диаметра растянутого бруска к первоначальному диаметру
σ_s	предел текучести *	μ	коэфициент Пуассона — отношение поперечного относит. сжатия к относит. удлинению *
σ_z	удельная работа деформации при испытании на разрыв *	R_z	допускаемое напряжение на простое растяжение *
a_k	удельная вязкость надрезанных образцов при ударной пробе на изгиб *	R_d	допускаемое напряжение на простое сжатие *
l_0	длина стержня до растяжения	R_b	допускаемое напряжение на изгиб *
l	длина стержня после растяжения	R_s	допускаемое напряжение на сдвиг *
l_n	абсолютное остаточное удлинение после разрыва *	$R_{см}$	допускаемое напряжение на смятие
Δl	приращение длины при действии растягивающего усилия	$R_{кр}$	допускаемое напряжение на кручение
δ	относительное удлинение разорванного бруска в процентах от первоначальной длины *	R_k	допускаемое напряжение при продольном изгибе *
ε	относительное удлинение при растяжении *	n	коэфициент безопасности (запас прочности) *
α	коэфициент удлинения	φ	коэфициент уменьшения основного допускаемого напряжения на сжатие при расчете на продольный изгиб *
F_0	первоначальная площадь сечения образца при испытании на разрыв		
F	площадь сечения после растяжения		

Символ или обозначение	Определение	Символ или обозначение	Определение
H_B	твердость по Бринеллю *	i_{max}, i_{min}	наибольший и наименьший радиусы инерции сечения бруса (для главных осей) *
H_R	твердость по Роквеллу *		
H_S	твердость по Шору *		
H_W	твердость по Виккерсу *	W	момент сопротивления
H_H	твердость по Герберту *	$W_{кр}$	момент сопротивления скручиванию
x_c, y_c	координаты центра тяжести сечения бруса *	W_x, W_y	моменты сопротивления сечения бруса относительно осей X и Y *
S_x, S_y	статические моменты сечения бруса относительно осей X и Y *	W_{net}	моменты сопротивления сечения бруса за вычетом отверстий *
J	момент инерции *		
J_x, J_y	моменты инерции сечения бруса относительно осей X и Y *	M	изгибающий момент, а также момент силы * относительно точки, или момент пары сил
J_{xy}	центробежный момент инерции сечения бруса относительно координатных осей X и Y *	$M_{кр}$	момент крутящий
		$M_{пр}$	момент при продольном *изгибе*
J_p	полярный момент инерции сечения бруса *	$M_в$	момент идеальный
J_{max}, J_{min}	наибольший и наименьший (главные) центральные моменты инерции сечения бруса *	M_x, M_y, M_z	суммы моментов внешних сил относительно координатных осей X, Y и Z; те же обозначения употребляются для моментов одной внешней силы, а также для скручивающего и изгибающего моментов *
J_{net}	момент инерции сечения бруса за вычетом отверстий *		
i	радиус инерции *		
i_x, i_y	радиусы инерции сечения бруса относительно осей X и Y *	M_0, M_1, M_2, ...	опорные изгибающие моменты многопролетной балки *

Детали машин.

	Резьба	d'_0	наружный диаметр резьбы гайки *
d_0	наружный диаметр резьбы винта *	d'_1	внутренний диаметр резьбы гайки *
d_1	внутренний диаметр резьбы винта *	$d'_{ср}$	средний диаметр резьбы гайки
$d_{ср}$	средний диаметр резьбы винта *	s	шаг резьбы *

Символ или обозначение	Определение	Символ или обозначение	Определение
n	число ниток на 1" *	d_1	диаметр начальной окружности малого колеса
α	угол между сторонами нарезки *	D_1	диаметр начальной окружности большого колеса
t_0	глубина нарезки до острого края *	R_0	радиус образующей окружности
t_1	действительная глубина нарезки *	b	ширина зубцов
t_2	рабочая глубина нарезки *	h	высота зубцов
z	зазор при вершине и основании нарезки *	h_1	глубина впадины
r	радиус закругления при вершине и основании нарезки *	h_2	высота выступа
	Зубчатые колеса	a	толщина зубцов по начальной окружности
i	передаточное число	l	ширина впадины
M	модуль (*мм*)	n	число оборотов в минуту
t	шаг (*мм*) *	N	передаваемая мощность (ЛС)
α	угол зацепления	v	окружная скорость (*м*/мин.)
β	угол наклона линии зацепления	E	расстояние между осями
z_1	число зубцов малого колеса		**Ременная передача**
z_2	число зубцов большого колеса	D	диаметр большого шкива
ε	продолжительность зацепления	d	диаметр малого шкива
d_a	наружный диаметр малого колеса	E	расстояние между осями
D_a	наружный диаметр большого колеса	i	передаточное число
B	ширина червячного колеса	b	ширина ремня
η	коэфициент полезного действия	s	толщина ремня
μ	коэфициент трения	B	ширина шкива
ρ	угол трения	L	длина ремня
δ	половина центрального угла между боковыми гранями червячных колес	φ	коэфициент изменения диаметров в ступенчатом шкиве
		P	усилие, действующее на ремень (*кг*)
		p	удельное усилие, растягивающее ремень (*кг* на 1 см ширины ремня)

Символ или обозначение	Определение	Символ или обозначение	Определение
	Обработка металла		
v	скорость резания (*м/мин.*)	P_y	усилие, отжимающее резец назад вдоль его оси
s	подача (*мм*/оборот)		
c	подача (*мм*/мин.)	α	задний угол резца или зубцов
t	глубина резания		
a	толщина стружки	β	угол заострения резца или зубцов
b	ширина стружки		
F	сечение стружки	γ	передний угол резца или зубов
K	коэфициент резания		
σ	удельное давление резания	δ	угол резания
		α	задний угол в плане
n	число оборотов в мин.	λ	угол наклона режущей кромки к оси изделия
T	время обработки в минутах		
P	усилие на резец	ε	угол между режущей и вспомогательной кромками резца
P_z	усилие в направлении резания		
		φ	угол установки резца
P_x	усилие в направлении подачи	r	радиус закругления кончик резца

Символ или обозначение	Определение	
	Международные электрические единицы.	
Ω	Ом *	Единицы электрического сопротивления
MΩ	мегом *	
μΩ	микром *	
V	вольт *	Единицы электрического напряжения и электродвижущей силы
kV	киловольт *	
mV	милливольт *	
μV	микровольт *	
A	ампер *	Единицы силы тока
mA	миллиампер *	
μA	микроампер	
W	ватт *	Единицы электрической мощности
MW	мегаватт *	
kW	киловатт *	

Символ или обозначение	Определение	
hW	гектоватт *	Единицы электрической мощности
mW	милливатт *	
μW	микроватт *	
C	кулон (ампер-секунда) *	Единицы количества электричества
Ah	ампер-час *	
μC	микрокулон *	
Ws	ватт-секунда *	Единицы работы электрического тока
J	джоуль *	
Wh	ватт-час *	
MWh	мегаватт-час *	
kWh	киловатт-час *	
hWh	гектоватт-час *	
F	фарада *	Единицы электрической емкости
μF	микрофарада *	
μμF	микромикрофарада *	
H	генри *	Единицы самоиндукции и взаимной индукции
mH	миллигенри *	
μH	микрогенри *	
Абсолютная система механических единиц.		
сн	стен *	Единицы силы
ксн	килостен *	
гсн	гектостен *	
дксн	декастен *	
дсн	децистен *	
ссн	сантистен *	
мсн	миллистен *	
кдж	килоджоуль *	Единицы работы и энергии
мгдж	мегаджоуль *	
дж	джоуль *	
квт	киловатт *	Единицы мощности
мгвт	мегаватт *	
вт	ватт *	
пз	пьеза *	Единицы механического напряжения
гпз	гектопьеза *	
спз	сантипьеза *	

I. МАТЕМАТИКА

1. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ТАБЛИЦЫ.

1. Таблицы для вычисления степеней, корней, десятичных логарифмов, обратных величин, длин окружностей и площадей кругов.

Таблицы, помещенные на стр. 13—38 служат для ускорения вычислений. В первом столбце таблиц (стр. 14—38) помещены числа от 1 до 1000, во втором столбце помещены квадраты этих чисел, в третьем — кубы.

Примеры: 1) $147^2 = ?$; на стр. 17 в первом столбце находим число 147, во втором столбце против него стоит 21609, значит $147^2 = 21609$. 2) $1{,}47^2 = ?$; ищем квадрат целого числа 147 и в полученном числе 21609 отделяем запятой (отсчитывая справа налево) число цифр, равное удвоенному *числу цифр, стоящему правее запятой у числа*, возводимого в квадрат. У числа 1,47 правее запятой стоят две цифры; значит, отсчитав четыре цифры и поставив запятую, получим $1{,}47^2 = 2{,}1609$. 3) $14{,}7^3 = ?$; в третьем столбце против 147 стоит число 3176523. При возвышении в куб надо отделять запятой (отсчитывая справа налево) утроенное число цифр, стоящих после запятой у числа, возводимого в куб; следовательно $14{,}7^3 = 3176{,}523$.

В четвертом столбце таблиц (стр. 14—38) помещены корни квадратные, а в пятом — кубичные из целых чисел. Для извлечения квадратных корней из десятичных дробей пользуются этими же таблицами (способ указан в приведенном ниже примере).

При помощи приводимых таблиц возможно точно извлекать квадратные корни из десятичных дробей только в тех случаях, когда десятичная дробь, будучи умноженной на 100, превращается в одно-, двух- или трехзначное целое число. В технике нередко сталкиваются с необходимостью извлечения квадратного корня из очень большого числа, причем не требуется получить результат с большой точностью. Когда это число не более шестизначного и можно ограничиться точностью до одной целой, корень извлекается очень просто по данным таблицам. Во втором столбце ищется число, ближайшее к данному, в первом столбце против него помещается его квадратный корень, так как n есть $\sqrt{n^2}$.

Для извлечения кубичных корней из десятичных дробей имеется специальная табличка на стр. 13; по этой таблице находятся корни дробей от 0,01 до 0,99.

Для извлечения кубичного корня из чисел не более 9-значных, с точностью до единицы, пользуются третьим столбцом таблиц (стр. 14—38); в нем ищется число, ближайшее к данному; в первом же столбце против этого числа будет стоять его корень кубический, так как $n = \sqrt[3]{n^3}$.

Примеры: 1) $\sqrt{873} = x$; на стр. 35 находим $x = 29{,}5466$. 2) $\sqrt[3]{873} = x$; на стр. 35 находим $x = 9{,}5574$. 3) $\sqrt{0{,}27} = x$; умножаем 0,27 на 100 и из полученного числа извлекаем квадратный ко-

рень. На стр. 14 находим $\sqrt{27} = 5{,}1962$; полученный результат нужно уменьшить в 10 раз, так как $\sqrt{0{,}27}$ в 10 раз меньше, чем $\sqrt{27}$, потому что $\sqrt{0{,}27} = \frac{\sqrt{27}}{10} = \sqrt{\frac{27}{100}}$; следовательно $x = 0{,}51962$.

4) $\sqrt{2{,}7} = x$; умножаем подкоренное количество на 100; $\sqrt{270} = 16{,}4317$; следовательно $x = 1{,}64317$. 5) $\sqrt{145055} = x$ (найти x с точностью до единицы); на стр. 23 во втором столбце находим число, ближайшее к данному, оно равно 145161; его корень, помещенный в первом столбце, $x = 381$. 6) $\sqrt[3]{39} = x$; на стр. 14 находим $x = 3{,}3912$; 7) $\sqrt[3]{9402368} = x$ (найти x с точностью до единицы); на стр. 19 в третьем столбце находим ближайшее число $= 9393931$; его корень кубичный, стоящий в первом столбце, $x = 211$.

В шестом столбце помещены десятичные логарифмы чисел (о пользовании ими см. стр. 53).

В седьмом столбце помещены обратные величины. Под обратными величинами подразумеваются *частные от деления 1, 10, 100 и* т. д. 0,1 0,01 и т. д. на данное число.

Примеры: 1) $\frac{1000}{243} = x$; на стр. 20 против 243 в седьмом столбце находится $x = 4{,}11523$. 2) $\frac{10}{243} = x$; в седьмом столбце таблицы помещены частные от деления 1000 на данное число. Чтобы найти частное от деления 10 на 243, нужно число 4,11523 уменьшить в 100 раз, тогда $x = 0{,}0411523$. 3) $\frac{0{,}01}{243} = x$; $x = 0{,}000411523$. 4) $\frac{100000}{243} = x$; $x = 411{,}523$.

В восьмом столбце помещены длины окружностей, равные πn, где n — диаметр окружности, а π отношение длины окружности к диаметру.

Примеры: 1) Найти длину окружности l, диаметр которой равен 135 *м*; $l = \pi \cdot 136$ *м*. На стр. 17 против 136 в восьмом столбце находится $l = 427{,}26$ *м*. 2) $l = \pi \cdot 13{,}6$ *см*; число 13,6 в 10 раз меньше числа 136; значит длина окружности в этом случае будет тоже в 10 раз меньше длины окружности предыдущего примера. Следовательно, $l = 42{,}726$ *см*.

В девятом столбце помещены площади кругов равные $\frac{\pi n^2}{4}$, где n диаметр окружности, а π отношение длины окружности к диаметру.

Примеры: 1) Найти площадь круга F, диаметром 17 *мм*. $F = \frac{\pi \cdot 17^2}{4}$; на стр. 14 против 17 в девятом столбце находим $F = 226{,}980$ *мм*. 2) $F = \frac{\pi \cdot 8{,}23^2}{4}$ см; на стр. 34 против 823 в девятом столбце находим число *531973*. *Число 8,23 меньше 823 в сто раз;* так как в выражении для F 8,23 входит в квадрате, то надо полученный результат уменьшить в 100^2, т. е. в 10000 раз. Поэтому получим $F = 53{,}1973$ *см*^{2}.

Корни кубичные из десятичных дробей.

n	$\sqrt[3]{n}$	n	$\sqrt[3]{n}$	n	$\sqrt[3]{n}$	n	$\sqrt[3]{n}$
0,01	0,2154	0,26	0,6383	0,51	0,7990	0,76	0,9126
0,02	0,2714	0,27	0,6463	0,52	0,8041	0,77	0,9166
0,03	0,3107	0,28	0,6542	0,53	0,8093	0,78	0,9205
0,04	0,3420	0,29	0,6619	0,54	0,8143	0,79	0,9244
0,05	0,3684	0,30	0,6694	0,55	0,8193	0,80	0,9283
0,06	0,3915	0,31	0,6768	0,56	0,8243	0,81	0,9322
0,07	0,4121	0,32	0,6840	0,57	0,8291	0,82	0,9360
0,08	0,4309	0,33	0,6910	0,58	0,8340	0,83	0,9398
0,09	0,4481	0,34	0,6980	0,59	0,8387	0,84	0,9435
0,10	0,4642	0,35	0,7047	0,60	0,8434	0,85	0,9473
0,11	0,4791	0,36	0,7114	0,61	0,8481	0,86	0,9510
0,12	0,4932	0,37	0,7179	0,62	0,8527	0,87	0,9546
0,13	0,5066	0,38	0,7243	0,63	0,8573	0,88	0,9583
0,14	0,5192	0,39	0,7306	0,64	0,8618	0,89	0,9619
0,15	0,5313	0,40	0,7368	0,65	0,8662	0,90	0,9655
0,16	0,5429	0,41	0,7429	0,66	0,8707	0,91	0,9691
0,17	0,5540	0,42	0,7489	0,67	0,8750	0,92	0,9726
0,18	0,5646	0,43	0,7548	0,68	0,8794	0,93	0,9761
0,19	0,5749	0,44	0,7606	0,69	0,8837	0,94	0,9796
0,20	0,5848	0,45	0,7663	0,70	0,8879	0,95	0,9830
0,21	0,5944	0,46	0,7719	0,71	0,8921	0,96	0,9865
0,22	0,6037	0,47	0,7775	0,72	0,8963	0,97	0,9899
0,23	0,6127	0,48	0,7830	0,73	0,9004	0,98	0,9933
0,24	0,6214	0,49	0,7884	0,74	0,9045	0,99	0,9967
0,25	0,6300	0,50	0,7937	0,75	0,9086	—	—

Квадраты чисел от $^1/_{16}$ до $5^{15}/_{16}$ (через $^1/_{16}$).

	0	1	2	3	4	5
$^1/_{16}$	0,00391	1,17891	4,25391	9,37891	16,50391	25,62891
$^1/_8$	0,01562	1,26562	4,51562	9,76562	17,01562	26,26562
$^3/_{16}$	0,03516	1,41016	4,78516	10,16016	17,53516	26,91016
$^1/_4$	0,06250	1,56250	5,06250	10,56250	18,06250	27,56250
$^5/_{16}$	0,09766	1,72266	5,34766	10,97266	18,59766	28,22266
$^3/_8$	0,14062	1,89062	5,64062	11,39062	19,14062	28,89062
$^7/_{16}$	0,19141	2,06641	5,94141	11,81641	19,69141	29,56641
$^1/_2$	0,25000	2,25000	6,25000	12,25000	20,25000	30,25000
$^9/_{16}$	0,31641	2,44141	6,56641	12,69141	20,81641	30,94141
$^5/_8$	0,39062	2,64062	6,89062	13,14062	21,39062	31,64062
$^{11}/_{16}$	0,47266	2,84766	7,22266	13,59766	21,97266	32,34766
$^3/_4$	0,56250	3,06250	7,56250	14,06250	22,56250	33,06250
$^{13}/_{16}$	0,66016	3,28516	7,91016	14,53516	23,16016	33,78516
$^7/_8$	0,76562	3,51562	8,26562	15,01562	23,75562	34,51562
$^{15}/_{16}$	0,87891	3,75391	8,62891	15,50391	24,37891	35,25391

Таблицы степеней, корней, десятичных логарифмов, обратных величин, длин окружностей и площадей кругов.

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\lg n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
1	1	1	1,0000	1,0000	0,00000	1000,000	3,142	0,7854	1
2	4	8	1,4142	1,2599	0,30103	500,000	6,283	3,1416	2
3	9	27	1,7321	1,4422	0,47712	333,333	9,425	7,0686	3
4	16	64	2,0000	1,5874	0,60206	250,000	12,566	12,5664	4
5	25	125	2,2361	1,7100	0,69897	200,000	15,708	19,6350	5
6	36	216	2,4495	1,8171	0,77815	166,667	18,850	28,2743	6
7	49	343	2,6458	1,9129	0,84510	142,857	21,991	38,4845	7
8	64	512	2,8284	2,0000	0,90309	125,000	25,133	50,2655	8
9	81	729	3,0000	2,0801	0,95424	111,111	28,274	63,6173	9
10	100	1000	3,1623	2,1544	1,00000	100,000	31,416	78,5398	10
11	121	1331	3,3166	2,2240	1,04139	90,9091	34,558	95,0332	11
12	144	1728	3,4641	2,2894	1,07918	83,3333	37,699	113,097	12
13	169	2197	3,6056	2,3513	1,11394	76,9231	40,841	132,732	13
14	196	2744	3,7417	2,4101	1,14613	71,4286	43,982	153,938	14
15	225	3375	3,8730	2,4662	1,17609	66,6667	47,124	176,715	15
16	256	4096	4,0000	2,5198	1,20412	62,5000	50,265	201,062	16
17	289	4913	4,1231	2,5713	1,23045	58,8235	53,407	226,980	17
18	324	5832	4,2426	2,6207	1,25527	55,5556	56,549	254,469	18
19	361	6859	4,3589	2,6684	1,27875	52,6316	59,690	283,529	19
20	400	8000	4,4721	2,7144	1,30103	50,0000	62,832	314,159	20
21	441	9261	4,5826	2,7589	1,32222	47,6190	65,973	346,361	21
22	484	10648	4,6904	2,8020	1,34242	45,4545	69,115	380,133	22
23	529	12167	4,7958	2,8439	1,36173	43,4783	72,257	415,476	23
24	576	13824	4,8990	2,8845	1,38021	41,6667	75,398	452,389	24
25	625	15625	5,0000	2,9240	1,39794	40,0000	78,540	490,874	25
26	676	17576	5,0990	2,9625	1,41497	38,4615	81,681	530,929	26
27	729	19683	5,1962	3,0000	1,43136	37,0370	84,823	572,555	27
28	784	21952	5,2915	3,0366	1,44716	35,7143	87,965	615,752	28
29	841	24389	5,3852	3,0723	1,46240	34,4828	91,106	660,520	29
30	900	27000	5,4772	3,1072	1,47712	33,3333	94,248	706,858	30
31	961	29791	5,5678	3,1414	1,49136	32,2581	97,389	754,768	31
32	1024	32768	5,6569	3,1748	1,50515	31,2500	100,531	804,248	32
33	1089	35937	5,7446	3,2075	1,51851	30,3030	103,673	855,299	33
34	1156	39304	5,8310	3,2396	1,53148	29,4118	106,814	907,920	34
35	1225	42875	5,9161	3,2711	1,54407	28,5714	109,956	962,113	35
36	1296	46656	6,0000	3,3019	1,55630	27,7778	113,097	1017,88	36
37	1369	50653	6,0828	3,3322	1,56820	27,0270	116,239	1075,21	37
38	1444	54872	6,1644	3,3620	1,57978	26,3158	119,381	1134,11	38
39	1521	59319	6,2450	3,3912	1,59103	25,6410	122,522	1194,59	39
40	1600	64000	6,3246	3,4200	1,60206	25,0000	125,66	1256,64	40

Таблицы степеней, корней, десятичных логарифмов, обратных величин, длин окружностей и площадей кругов.

Продолжение.

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\lg n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
40	1600	64000	6,3246	3,4200	1,60206	25,0000	125,66	1256,64	**40**
41	1681	68921	6,4031	3,4482	1,61278	24,3902	128,81	1320,25	41
42	1764	74088	6,4807	3,4760	1,62325	23,8095	131,95	1385,44	42
43	1849	79507	6,5574	3,5034	1,63347	23,2558	135,09	1452,20	43
44	1936	85184	6,6332	3,5303	1,64345	22,7273	138,23	1520,53	44
45	2025	91125	6,7082	3,5569	1,65321	22,2222	141,37	1590,43	45
46	2116	97336	6,7823	3,5830	1,66276	21,7391	144,51	1661,90	46
47	2209	103823	6,8557	3,6088	1,67210	21,2766	147,65	1734,94	47
48	2304	110592	6,9282	3,6342	1,68124	20,8333	150,80	1809,56	48
49	2401	117649	7,0000	3,6593	1,69020	20,4082	153,94	1885,74	49
50	2500	125000	7,0711	3,6840	1,69897	20,0000	157,08	1963,50	**50**
51	2601	132651	7,1414	3,7084	1,70757	19,6078	160,22	2042,82	51
52	2704	140608	7,2111	3,7325	1,71600	19,2308	163,36	2123,72	52
53	2809	148877	7,2801	3,7563	1,72428	18,8679	166,50	2206,18	53
54	2916	157464	7,3485	3,7798	1,73239	18,5185	169,65	2290,22	54
55	3025	166375	7,4162	3,8030	1,74036	18,1818	172,79	2375,83	55
56	3136	175616	7,4833	3,8259	1,74819	17,8571	175,93	2463,01	56
57	3249	185193	7,5498	3,8485	1,75587	17,5439	179,07	2551,76	57
58	3364	195112	7,6158	3,8709	1,76343	17,2414	182,21	2642,08	58
59	3481	205379	7,6811	3,8930	1,77085	16,9492	185,35	2733,97	59
60	3600	216000	7,7460	3,9149	1,77815	16,6667	188,50	2827,43	**60**
61	3721	226981	7,8102	3,9365	1,78533	16,3934	191,64	2922,47	61
62	3844	238328	7,8740	3,9579	1,79239	16,1290	194,78	3019,07	62
63	3969	250047	7,9373	3,9791	1,79934	15,8730	197,92	3117,25	63
64	4096	262144	8,0000	4,0000	1,80618	15,6250	201,06	3216,99	**64**
65	4225	274625	8,0623	4,0207	1,81291	15,3846	204,20	3318,31	**65**
66	4356	287496	8,1240	4,0412	1,81954	15,1515	207,35	3421,19	**66**
67	4489	300763	8,1854	4,0615	1,82607	14,9254	210,49	3525,65	**67**
68	4624	314432	8,2462	4,0817	1,83251	14,7059	213,63	3631,68	**68**
69	4761	328509	8,3066	4,1016	1,83885	14,4928	216,77	3739,28	**69**
70	4900	343000	8,3666	4,1213	1,84510	14,2857	219,91	3848,45	**70**
71	5041	357911	8,4261	4,1408	1,85126	14,0845	223,05	3959,19	**71**
72	5184	373248	8,4853	4,1602	1,85733	13,8889	226,19	4071,50	**72**
73	5329	389017	8,5440	4,1793	1,86332	13,6986	229,34	4185,39	**73**
74	5476	405224	8,6023	4,1983	1,86923	13,5135	232,48	4300,84	**74**
75	5625	421875	8,6603	4,2172	1,87506	13,3333	235,62	4417,86	**75**
76	5776	438976	8,7178	4,2358	1,88081	13,1579	238,76	4536,46	**76**
77	5929	456533	8,7750	4,2543	1,88649	12,9870	241,90	4656,63	**77**
78	6084	474552	8,8318	4,2727	1,89209	12,8205	245,04	4778,36	**78**
79	6241	493039	8,8882	4,2908	1,89763	12,6582	248,19	4901,67	**79**
80	6400	512000	8,9443	4,3089	1,90309	12,5000	251,33	5026,55	**80**

Таблицы степеней, корней, десятичных логарифмов, обратных величин, длин окружностей и площадей кругов.

Продолжение.

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\lg n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
80	6400	512000	8,9443	4,3089	1,90309	12,5000	251,33	5026,55	**80**
81	6561	531441	9,0000	4,3267	1,90849	12,3457	254,47	5153,00	81
82	6724	551368	9,0554	4,3445	1,91381	12,1951	257,61	5281,02	82
83	6889	571787	9,1104	4,3621	1,91908	12,0482	260,75	5410,61	83
84	7056	592704	9,1652	4,3795	1,92428	11,9048	263,89	5541,77	84
85	7225	614125	9,1195	4,3968	1,92942	11,7647	267,04	5674,50	85
86	7396	636056	9,2736	4,4140	1,93450	11,6279	270,18	5808,80	86
87	7569	658503	9,3274	4,4310	1,93952	11,4943	273,32	5944,68	87
88	7744	681472	9,3808	4,4480	1,94448	11,3636	276,46	6082,12	88
89	7921	704969	9,4340	4,4647	1,94939	11,2360	279,60	6221,14	89
90	8100	729000	9,4868	4,4814	1,95424	11,1111	282,74	6361,73	**90**
91	8281	753571	9,5394	4,4979	1,95904	10,9890	285,88	6503,88	91
92	8464	778688	9,5917	4,5144	1,96379	10,8696	289,03	6647,61	92
93	8649	801357	9,6437	4,5307	1,96848	10,7527	292,17	6792,91	93
94	8836	830584	9,6954	4,5468	1,97313	10,6383	295,31	6939,78	94
95	9025	857375	9,7468	4,5629	1,97772	10,5263	298,45	7088,22	95
96	9216	884736	9,7980	4,5789	1,98227	10,4167	301,59	7238,23	96
97	9409	912673	9,8489	4,5947	1,98677	10,3093	304,73	7389,81	97
98	9604	941192	9,8995	4,6104	1,99123	10,2041	307,88	7542,96	98
99	9801	970299	9,9499	4,6261	1,99564	10,1010	311,02	7697,69	99
100	10000	1000000	10,0000	4,6416	2,00000	10,0000	314,16	7853,98	**100**
101	10201	1030301	10,0499	4,6570	2,00432	9,90099	317,30	8011,85	101
102	10404	1061208	10,0995	4,6723	2,00860	9,80392	320,44	8171,28	102
103	10609	1092727	10,1489	4,6875	2,01284	9,70874	323,58	8332,29	103
104	10816	1124864	10,1980	4,7027	2,01703	9,61538	326,73	8494,87	104
105	11025	1157625	10,2470	4,7177	2,02119	9,52381	329,87	8659,01	105
106	11236	1191016	10,2956	4,7326	2,02531	9,43396	333,01	8824,73	106
107	11449	1225043	10,3441	4,7475	2,02939	9,34579	336,15	8992,02	107
108	11664	1259712	10,3923	4,7622	2,03342	9,25926	339,29	9160,88	108
109	11881	1295029	10,4403	4,7769	2,03743	9,17431	342,43	9331,32	109
110	12100	1331000	10,4881	4,7914	2,01139	9,09091	345,58	9503,32	**110**
111	12321	1367631	10,5357	4,8059	2,04532	9,00901	348,72	9676,89	111
112	12544	1404928	10,5830	4,8203	2,01922	8,92857	351,86	9852,03	112
113	12769	1442897	10,6301	4,8346	2,05308	8,84956	355,00	10028,7	113
114	12996	1481544	10,6771	4,8488	2,05690	8,77193	358,14	10207,0	114
115	13225	1520875	10,7238	4,8629	2,06070	8,69565	361,28	10386,9	115
116	13456	1560896	10,7703	4,8770	2,06446	8,62069	364,42	10568,3	116
117	13689	1601613	10,8167	4,8910	2,06819	8,54701	367,57	10751,3	117
118	13924	1643032	10,8628	4,9049	2,07188	8,47458	370,71	10935,9	118
119	14161	1685159	40,9087	4,9187	2,07555	8,40336	373,85	11122,0	119
120	14400	1728000	10,9545	4,9324	2,07918	8,33333	376,99	11309,7	**120**

Таблицы степеней, корней, десятичных логарифмов, обратных величин, длин окружностей и площадей кругов.

Продолжение.

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\lg n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
120	14400	1728000	10,9545	4,9324	2,07918	8,33333	376,99	11309,7	**120**
121	14641	1771561	11,0000	4,9461	2,08279	8,26446	380,13	11499,0	121
122	14884	1815848	11,0454	4,9597	2,08636	8,19672	383,27	11689,9	122
123	15129	1860867	11,0905	4,9732	2,08991	8,13008	386,42	11882,3	123
124	15376	1906624	11,1355	4,9866	2,09342	8,06452	389,56	12076,3	124
125	15625	1953125	11,1803	5,0000	2,09691	8,00000	392,70	12271,8	125
126	15876	2000376	11,2250	5,0133	2,10037	7,93651	395,84	12469,0	126
127	16129	2048383	11,2694	5,0265	2,10380	7,87402	398,98	12667,7	127
128	16384	2097152	11,3137	5,0397	2,10721	7,81250	402,12	12488,0	128
129	16641	2146689	11,3578	5,0528	2,11059	2,75194	405,27	13069,8	129
130	16900	2197000	11,4018	5,0658	2,11394	7,69231	408,41	13273,2	**130**
131	17161	2248091	11,4455	5,0788	2,11727	7,63359	411,55	13478,2	131
132	17424	2299968	11,4891	5,0916	2,12057	7,55576	414,69	13684,8	132
133	17689	2352637	11,5326	5,1045	2,12385	7,51880	417,83	13892,9	133
134	17956	2406104	11,5758	5,1172	2,12710	7,46269	420,97	14102,6	134
135	18225	2460375	11,6190	5,1299	2,13033	7,40741	424,12	14313,9	135
136	18496	2515456	11,6619	5,1426	2,13354	7,35294	427,26	14526,7	136
137	18796	2571353	11,7047	5,1551	2,13672	7,29927	430,40	14141,1	137
138	19044	2628072	11,7473	5,1676	2,13988	7,24638	433,54	14957,1	138
139	19321	2685619	11,7898	5,1801	2,14301	7,19424	436,68	15174,7	139
140	19600	2744000	11,8322	5,1925	2,14613	7,14286	439,82	15393,8	**140**
141	19881	2803221	11,8743	5,2048	2,14922	7,09220	442,96	15614,5	141
142	20164	2863288	11,9164	5,2171	2,15229	7,04225	446,11	15836,8	142
143	20449	2924207	11,9583	5,2293	2,15534	6,99301	449,25	16060,0	143
144	20736	2985984	12,0000	5,2415	2,15836	6,94444	452,39	16286,0	144
145	21025	3048625	12,0416	5,2536	2,16137	6,89655	455,53	16513,0	145
146	21316	3112136	12,0830	5,2656	2,16435	6,84932	458,67	16741,5	146
147	21609	3176523	12,1244	5,2776	2,16732	6,80272	461,81	16971,7	147
148	21904	3241792	12,1655	5,2896	2,17026	6,75676	464,96	17203,4	148
149	22201	3307949	12,2066	5,3015	2,17319	6,71141	468,10	17436,6	149
150	22500	3375000	12,2474	5,3133	2,17609	6,66667	471,24	17671,5	**150**
151	22801	3442951	12,2882	5,3251	2,17898	6,62252	474,38	17907,9	151
152	23104	3511808	12,3288	5,3368	2,18184	6,57895	477,52	18145,8	152
153	23409	3581577	12,3693	5,3485	2,18469	6,53595	480,66	18385,4	153
154	23716	3652264	12,4097	5,3601	2,18752	6,49351	483,81	18626,5	154
155	24025	3723875	12,4499	5,3717	2,19033	6,45161	486,95	18869,2	155
156	24336	3796416	12,4900	5,3832	2,19312	6,41026	490,09	19113,4	156
157	24649	3869893	12,5300	5,3947	2,19590	6,36943	493,23	19359,3	157
158	24964	3944312	12,5698	5,4061	2,19866	6,32911	496,37	19606,7	158
159	25281	4019679	22,6095	5,4175	2,20140	6,28931	499,51	69855,7	159
160	25600	4096000	12,6491	5,4288	2,20412	6,25000	502,65	20106,2	**160**

1305462

Таблицы степеней, корней, десятичных логарифмов, обратных величин, длин окружностей и площадей кругов.

Продолжение.

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\lg n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
160	25600	4096000	12,6491	5,4288	2,20412	6,25000	502,65	20106,2	**160**
161	25921	4173281	12,6886	5,4401	2,20683	6,21118	505,80	20358,3	161
162	26244	4251528	12,7279	5,4514	2,20952	6,17284	508,94	20612,0	162
163	26569	4330747	12,7671	5,4626	2,21219	6,13497	512,08	20867,2	163
164	26896	4410944	12,8062	5,4737	2,21484	6,09756	515,22	21124,1	164
165	27225	4492125	12,8452	5,4848	2,21748	6,06061	518,36	21382,5	165
166	27556	4574296	12,8841	5,4959	2,22011	6,02410	521,50	21642,4	166
167	27889	4657463	12,9228	5,5069	2,22272	5,98802	524,65	21904,0	167
168	28224	4741632	12,9615	5,5178	2,22531	5,95238	527,79	22167,1	168
169	28561	4826809	13,0000	5,5288	2,22789	5,91716	530,93	22431,8	169
170	28900	4913000	13,0384	5,5397	2,23045	5,88235	534,07	22698,0	**170**
171	29241	5000211	13,0767	5,5505	2,23300	5,84795	537,21	22965,8	171
172	29584	5088448	13,1149	5,5613	2,23553	5,81395	540,35	23235,2	172
173	29929	5177717	13,1529	5,5721	2,23805	5,78035	543,50	23506,2	173
174	30276	5268024	13,1909	5,5828	2,24055	5,74713	546,64	23778,7	174
175	30625	5359375	13,2288	5,5934	2,24304	5,71429	549,78	24052,8	175
176	30976	5451776	13,2665	5,6041	2,24551	5,68182	552,92	24328,5	176
177	31329	5545233	13,3041	5,6147	2,24797	5,64972	556,06	24605,7	177
178	31684	5639752	13,3417	5,6252	2,25042	5,61798	559,20	24884,6	178
179	32041	5735339	13,7791	5,6357	2,25285	5,58659	562,35	25164,9	179
180	32400	5832000	13,4164	5,6462	2,25527	5,55556	565,49	25446,9	**180**
181	32761	5929741	13,4536	5,6567	2,25768	5,52489	568,63	25730,4	181
182	33124	6028568	13,4907	5,6671	2,26007	5,49451	571,77	26015,5	182
183	33489	6128487	13,5277	5,6774	2,26245	5,46148	574,91	26302,2	183
184	33856	6229504	13,5647	5,6877	2,26482	5,43478	578,05	26590,4	184
185	34225	6331625	13,6015	5,6980	2,26717	5,40541	581,19	26880,3	185
186	34596	6434856	13,6382	5,7083	2,26951	5,37634	584,34	27171,6	186
187	34969	6539203	13,6748	5,7185	2,27184	5,34759	587,48	27464,6	187
188	35344	6644672	13,7113	5,7287	2,27416	5,31915	590,62	27759,1	188
189	35721	6751269	13,7477	5,7388	2,27646	5,29104	593,76	28055,2	189
190	36100	6859000	13,7840	5,7489	2,27875	5,20316	596,90	28352,9	**190**
191	36481	6967871	13,8203	5,7590	2,28103	5,23560	600,04	28652,1	191
192	36864	7077888	13,8564	5,7690	2,28330	5,20833	603,19	28952,9	192
193	37249	7189057	13,8924	5,7790	2,28556	5,18135	606,33	29255,3	193
194	37636	7301384	13,9284	5,7890	2,28780	5,15464	609,47	29559,2	194
195	38025	7414875	13,9642	5,7989	2,29003	5,12821	612,61	29864,8	195
196	38416	7529536	14,0000	5,8088	2,29226	5,10204	615,75	30171,9	196
197	38809	7645373	14,0357	5,8186	2,29447	5,07614	618,89	30480,5	197
198	39204	7762392	14,0712	5,8285	2,29667	5,05051	62 ,04	30790,7	198
199	39601	7880599	14,1067	5,8383	2,29885	5,02513	625,18	31102,6	199
200	40000	8000000	14,1421	5,8480	2,30103	5,00000	628,32	31415,9	**200**

Таблицы степеней, корней, десятичных логарифмов, обратных величин, длин окружностей и площадей кругов.

Продолжение.

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\lg n$	$\frac{1000}{n}$	πn	πn^2	n
200	40000	8000000	14,1421	5,8480	2,30103	5,00000	628,32	31415,9	**200**
201	40401	8120601	14,1774	5,8578	2,30320	4,97512	631,46	31730,9	201
202	40804	8242408	14,2127	5,8675	2,20535	4,95050	634,60	32047,4	202
203	41209	8365427	14,2478	5,8771	2,20750	4,92611	637,74	32365,5	203
204	41616	8489664	14,2829	5,8868	2,30963	4,90196	640,88	32685,1	204
205	42025	8615125	14,3178	5,8964	2,31175	4,87805	644,03	33006,4	205
206	42436	8741816	14,3527	5,9059	2,31387	4,85437	647,17	33329,2	206
207	42849	8869743	14,3875	5,9155	2,31597	4,83092	650,31	32653,5	207
208	43264	8998912	14,4222	5,9250	2,31806	4,80769	653,45	33979,5	208
209	43681	9129329	14,4568	5,9345	2,32015	4,78469	656,59	34307,0	209
210	44100	9261000	14,4914	5,9439	2,32222	4,76190	659,73	34636,1	**210**
211	44521	9393931	14,5258	5,9533	2,32428	4,73934	662,88	34966,7	211
212	44944	9528128	14,5602	5,9627	2,32634	4,71698	666,02	35298,9	212
213	45369	9663597	14,5945	5,9721	2,32838	4,69484	669,16	35632,7	213
214	45796	9800344	14,6287	5,9814	2,33041	4,67290	672,30	35968,1	214
215	46225	9938375	14,6629	5,9907	2,33244	4,65116	675,14	36305,0	215
216	46656	10077696	14,6969	6,0000	2,33445	4,62963	678,58	36643,5	216
217	47089	10218313	14,7309	6,0092	2,33646	4,60829	681,73	36983,6	217
218	47524	10360232	14,7648	6,0185	2,33846	4,58716	684,87	37325,3	218
219	47961	10503459	10,7989	6,0277	2,34044	4,56621	688,01	37668,5	219
220	48400	10648000	14,8324	6,0368	2,34242	4,54545	691,15	38013,3	**220**
221	48841	10793861	14,8661	6,0459	2,34439	4,52489	694,29	38359,6	221
222	49284	10941048	14,8997	6,0550	2,34635	4,50450	697,43	38707,6	222
223	49729	11089567	14,9332	6,0641	2,34830	4,48430	700,58	39057,1	223
224	50176	11239424	14,9666	6,0732	2,35025	4,46429	703,72	39408,1	224
225	50625	11390625	15,0000	6,0822	2,35218	4,44444	706,86	39760,8	225
226	51076	11543176	15,0333	6,0912	2,35411	4,42478	710,00	40115,0	226
227	51529	11697083	15,0665	6,1002	2,35603	4,40529	713,14	40470,8	227
228	51984	11852352	15,0997	6,1091	2,35793	4,38596	716,28	40828,1	228
229	52441	12008989	15,1327	6,1180	2,35984	4,36681	719,42	41187,1	229
230	52900	12167000	15,1658	6,1269	2,36173	4,34783	722,57	41547,6	**230**
231	53361	12326391	15,1987	1,1358	2,36361	4,32900	725,71	41909,6	231
232	53824	12487168	15,2315	6,1446	2,36549	4,31034	728,85	42273,3	232
233	54289	12649837	15,2643	6,1534	2,36736	4,29185	731,99	42638,5	233
234	54756	12812904	15,2971	6,1622	2,36922	4,27350	735,13	43005,3	234
235	55225	12977875	15,3297	6,1710	2,37107	4,25532	738,27	43373,6	235
236	55696	13144256	15,3623	6,1797	2,37291	4,23729	741,42	43743,5	236
237	56169	13312053	15,3948	6,1885	2,37475	4,21941	744,56	44115,0	237
238	56644	13481272	15,4272	6,1972	2,37658	4,20168	747,70	44488,1	238
239	57121	13651919	15,4596	6,2058	2,37840	4,18410	750,84	44862,7	239
240	57600	13824000	15,4919	6,2145	2,38021	4,16667	753,98	45238,9	**240**

Таблицы степеней, корней, десятичных логарифмов, обратных величин, длин окружностей и площадей кругов.

Продолжение.

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\lg n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
240	57600	13824000	15,4919	6,2145	2,38021	4,16667	753,98	45238,9	**240**
241	58081	13997521	15,5212	6,2231	2,38202	4,14938	757,12	45616,7	241
242	58564	14172488	15,5563	6,2317	2,38382	4,13223	760,27	45996,1	242
213	59049	14348907	15,5885	6,2403	2,38561	4,11523	763,41	46377,0	243
244	59536	14526784	15,6205	6,2488	2,38739	4,09836	766,55	46759,5	244
245	60025	14706125	15,6525	6,2573	2,38917	4,08163	769,69	47143,5	245
246	60516	14886936	15,6844	6,2658	2,39094	4,06504	772,83	47529,2	246
247	61009	15069223	15,7162	6,2743	2,39270	4,04858	775,97	47916,4	247
248	61504	15252992	15,7480	6,2828	2,39445	4,03226	779,11	48305,1	248
249	62001	15438249	15,7797	6,2912	2,39620	4,01606	782,26	48695,5	249
250	62500	15625000	15,8114	6,2996	2,39794	4,00000	785,40	49087,4	**250**
251	63001	15813251	15,8430	6,3080	2,39967	3,98406	788,54	49480,9	251
252	63504	16003008	15,8745	6,3164	2,40140	3,96825	791,68	49875,9	252
253	64009	16194277	15,9060	6,3247	2,40312	3,95257	794,82	50272,6	253
254	64516	16387064	15,9374	6,3330	2,40483	3,93701	797,96	50607,7	254
255	65025	16581375	15,9687	6,3413	2,40654	3,92157	801,11	51070,5	255
256	65536	16777216	16,0000	6,3496	2,40824	3,90625	804,25	51471,9	256
257	66049	16974593	16,0312	6,3579	2,40993	3,89105	807,39	51874,8	257
258	66564	17173512	16,0624	6,3661	2,41162	3,87597	810,53	52279,2	258
259	67081	67373979	16,0935	6,3743	2,41330	3,86100	813,67	52685,3	259
260	67600	17576000	16,1245	6,3825	2,41497	3,84615	816,81	53092,9	**260**
261	68121	17779581	16,1555	6,3907	2,41664	3,83142	819,96	53502,1	261
262	68644	17984728	16,1864	6,3988	2,41830	3,81679	823,10	53912,9	262
263	69169	18191447	16,2173	6,4070	2,41996	3,80228	826,24	54325,2	263
264	69696	18399744	16,2481	6,4151	2,42160	3,78788	829,38	54739,1	264
265	70225	18609625	16,2788	6,4232	2,42325	3,77358	832,52	55154,6	265
266	70756	18821096	16,3095	6,4312	2,42488	3,75940	835,66	55571,6	266
267	71289	19031163	16,3401	6,4393	2,42651	3,74532	838,81	55990,2	267
268	71824	19248832	16,3707	6,4473	2,42813	3,73134	841,95	56410,4	268
269	72361	19465109	16,4012	6,4553	2,42975	3,71747	845,09	56832,2	269
270	72900	19683000	13,4317	6,4633	2,43136	3,70370	8 8,23	57255,5	**270**
271	73441	19902511	16,4621	6,4713	2,43297	3,69004	851,37	57680,4	271
272	73984	20123648	16,4924	6,4792	2,43457	3,67647	854,51	58106,9	272
273	74529	20346417	16,5227	6,4872	2,43616	3,66300	857,65	58534,9	273
274	75076	20570824	16,5529	6,4951	2,43775	3,64964	860,80	58964,6	274
275	75625	20796875	16,5831	6,5030	2,43933	3,63636	863,94	59395,7	275
276	76176	21024576	16,6132	6,5108	2,44091	3,62319	867,08	59828,5	276
277	76729	21253933	16,6433	6,5187	2,44248	3,61011	870,22	60262,8	277
278	77284	21484952	16,6733	6,5265	2,44404	3,59712	873,36	60698,7	278
279	77841	21717639	16,7033	6,5343	2,44560	3,58423	876,50	61136,2	279
280	78400	21952000	16,7332	6,5421	2,44716	3,57143	879,65	61575,2	**280**

Таблицы степеней, корней, десятичных логарифмов, обратных величин, длин окружностей и площадей кругов.

Продолжение.

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\lg n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
280	78400	21952000	16,7332	6,5421	2,44716	3,57143	879,[illegible]5	61575,2	280
281	78961	22188041	16,7631	6,5499	2,44871	3,55872	882,79	62015,8	281
282	79524	22425768	16,7929	6,5577	2,45025	3,54610	885,93	62458,0	282
283	80089	22665187	16,8226	6,5654	2,45179	3,53357	889,07	62901,8	283
284	80656	22906304	16,8523	6,5731	2,45332	3,52113	892,21	63347,1	284
285	81225	23149125	16,8819	6,5808	2,45484	3,50877	895,35	63794,0	285
286	81796	23393656	16,9115	6,5885	2,45637	3,49650	898,50	64242,4	286
287	82369	23639903	16,9411	6,5962	2,45788	3,48432	901,64	64692,5	287
288	82944	23887872	16,9706	6,6039	2,45939	3,47222	904,78	65144,1	288
289	83521	24137569	17,0000	9,6115	2,46090	3,46021	907,92	25597,2	289
290	84100	24389000	17,0294	6,6191	2,46240	3,44828	911,06	66052,0	290
291	84681	24642171	17,0587	6,6267	2,46389	3,43643	914,20	66508,3	291
292	85264	24897088	17,0880	6,6343	2,46538	3,42466	917,35	66966,2	292
293	85849	25153757	17,1172	6,6419	2,46687	3,41297	920,49	67425,6	293
294	86436	25412184	17,1464	6,6494	2,46835	3,40136	923,63	67886,7	294
295	87025	25672375	17,1756	6,6569	2,46982	3,38983	926,77	68349,3	295
296	87616	25934336	17,2047	6,6644	2,47129	3,37838	929,91	68813,4	296
297	88209	26198073	17,2337	6,6719	2,47276	3,36700	933,05	69279,2	297
298	88804	26463592	17,2627	6,6794	2,47422	3,35570	936,19	69746,5	298
299	89401	26730899	17,2916	6,6869	2,47567	3,34448	939,34	70215,4	299
300	90000	27000000	17,3205	6,6943	2,47712	3,33333	942,48	70685,8	300
301	90601	27270901	17,3494	6,7018	2,47857	3,32226	945,62	71157,9	301
302	91204	27543608	17,3781	6,7092	2,48001	3,31126	948,76	71631,5	302
303	91809	27818127	17,4069	6,7166	2,48144	3,30033	951,90	72106,6	303
304	92416	28094464	17,4356	6,7240	2,48287	3,28947	955,04	72583,4	304
305	93025	28372625	17,4642	6,7313	2,48430	3,27869	958,19	73061,7	305
306	93636	28652616	17,4929	6,7387	2,48572	3,26797	961,33	73541,5	306
307	94249	28934443	17,5214	6,7460	2,48714	3,25733	964,47	74023,0	307
308	94864	29218112	17,5499	6,7533	2,48855	3,24675	967,61	74506,0	308
309	95481	29503629	17,5784	6,7606	2,48996	3,23625	970,75	74990,6	309
310	96100	29791000	17,6068	6,7679	2,49136	3,22581	973,89	75476,8	310
311	96721	30080231	17,6352	6,7752	2,49276	3,21543	977,04	75964,5	311
312	97344	30371328	17,6635	6,7824	2,49415	3,20513	980,18	76453,8	312
313	97969	30664297	17,6918	6,7897	2,49554	3,19489	983,32	76944,7	313
314	98596	30959144	17,7200	6,7969	2,49693	3,18471	986,46	77437,1	314
315	99225	31255875	17,7482	6,8041	2,49831	3,17460	989,60	77931,1	315
316	99856	31554496	17,7764	6,8113	2,49969	3,16456	992,74	78426,7	316
317	100489	31855013	17,8045	6,8185	2,50106	3,15457	995,88	78923,9	317
318	101124	32157432	17,8326	6,8256	2,50243	3,14465	999,03	79422,6	318
319	101761	32461759	17,8606	6,8328	2,50379	3,13480	1002,2	79922,9	319
320	102400	32768000	17,8885	6,8399	2,50515	3,12500	1005,3	80424,8	320

Таблицы степеней, корней, десятичных логарифмов, обратных величин, длин окружностей и площадей кругов.

Продолжение.

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\lg n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
320	102400	32768000	17,8885	6,8399	2,50515	3,12500	1005,3	80424,8	**320**
321	103041	33076161	17,9165	6,8470	2,50651	3,11526	1008,5	80928,2	321
322	103684	33386248	17,9444	6,8541	2,50786	3,10559	1011,6	81433,2	322
323	104329	33698267	17,9722	6,8612	2,50920	3,09598	1014,7	81939,8	323
324	104976	34012224	18,0000	6,8683	2,51055	3,08642	1017,9	82448,0	324
325	105625	34328125	18,0278	6,8753	2,51188	3,07692	1021,0	82957,7	325
326	106276	34645976	18,0555	6,8824	2,51322	3,06748	1024,2	83469,0	326
327	106929	34965783	18,0831	9,8894	2,41455	3,05810	1027,3	83981,8	327
328	107584	35287552	18,1108	6,8964	2,51587	3,04878	1030,4	84496,3	328
329	108241	35611289	18,1384	6,9034	2,51720	3,03951	1033,6	85012,3	329
330	108900	35937000	18,1659	6,9104	2,51851	3,03030	1036,7	85529,9	**330**
331	109561	36264691	18,1934	6,9174	2,51983	3,02115	1039,9	86049,0	331
332	110224	36594368	18,2209	6,9244	2,52114	3,01205	1043,0	86569,7	332
333	110889	36926037	18,2483	6,9313	2,52244	3,00300	1046,2	87092,0	333
334	111556	37259704	18,2757	6,9382	2,52375	2,99401	1049,3	87615,9	334
335	112225	37595375	18,3030	6,0151	2,52504	2,98507	1052,4	88141,3	335
336	112896	37933056	18,3303	6,9521	2,52634	2,97619	1055,6	88668,3	336
337	113569	38272753	18,3576	6,9589	2,52763	2,96736	1058,7	89196,9	337
338	114244	38614472	18,3848	6,9658	2,52892	2,95858	1061,9	89727,0	338
339	114921	38958219	18,4120	6,9727	2,53020	2,94985	1065,0	90258,7	339
340	115600	39304000	18,4391	6,9795	2,53148	2,94118	1068,1	90792,0	**340**
341	116281	39651821	18,4662	6,9864	2,53275	2,93255	1071,3	91326,9	341
342	116964	40001688	18,4932	6,9932	2,53403	2,92398	1074,4	91863,3	342
343	117649	40353607	18,5203	7,0000	2,53529	2,91545	1077,6	92401,3	343
344	118336	40707584	17,5472	7,0068	2,53656	2,90698	10°0,7	92940,9	344
345	119025	41063625	18,5742	7,0136	2,53782	2,89855	1083,8	93482,0	345
346	119716	41421736	18,6011	7,0203	2,53908	2,89017	1087,0	94024,7	346
347	120409	41781923	18,6279	7,0271	2,54033	2,88184	1090,1	94569,0	347
348	121104	42144192	18,6548	7,0338	2,54158	2,87356	1093,3	95114,9	348
349	121801	42508549	18,6815	7,0406	2,54283	2,86533	1096,4	95662,3	349
350	122500	42875000	18,7083	7,0473	2,54407	2,85714	1099,6	96211,3	**350**
351	123201	43243551	18,7350	7,0540	2,54531	2,84900	1102,7	96761,8	351
352	123904	43614208	18,7617	7,0607	2,54654	2,84091	1105,8	97314,0	352
353	124609	43986977	18,7883	7,0674	2,54777	2,83286	1109,0	97867,7	353
354	125316	44361864	18,8149	7,0740	2,54900	2,82486	1112,1	98423,0	354
355	126025	44738875	18,8414	7,0807	2,55023	2,81690	1115,3	98979,8	355
356	126736	45118516	18,8680	7,0873	2,55145	2,80899	1118,4	99538,2	356
357	127449	45499293	18,8944	7,0940	2,55267	2,80112	1121,5	100098	357
358	128164	45882712	18,9209	7,1006	2,55388	2,79330	1124,7	100660	358
359	128881	46268279	18,9473	7,1072	2,55509	2,78552	1127,8	101223	359
360	129600	46656000	18,9737	7,1138	2,55630	2,77778	1131,0	101788	**360**

Таблицы степеней, корней, десятичных логарифмов, обратных величин, длин окружностей и площадей кругов.

Продолжение.

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\lg n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
360	129600	46656000	18,9737	7,1138	2,55630	2,77778	1131,0	101788	**360**
361	130321	47045881	19,0000	7,1204	2,55751	2,77008	1134,1	102354	361
362	131044	47437928	19,0263	7,1269	2,55871	2,76243	1137,3	102922	362
363	131769	47832147	19,0526	7,1335	2,55991	2,75482	1140,4	103491	363
364	132496	48228544	19,0788	7,1400	2,56110	2,74725	1143,5	104062	364
365	133225	48627125	19,1050	7,1466	2,56229	2,73973	1146,7	104635	365
366	133956	49027896	19,1311	7,1531	2,56348	2,73224	1149,8	105209	366
367	134689	49430863	19,1572	7,1596	2,56467	2,72480	1153,0	105785	367
368	135424	49836032	19,1833	7,1661	2,56585	2,71739	1156,1	106362	368
369	136161	50243409	19,2094	7,1726	2,56703	2,71003	1159,2	106941	369
370	136900	50653000	19,2354	7,1791	2,56820	2,70270	1162,4	107521	**370**
371	137641	51064811	19,2614	7,1855	2,56937	2,69542	1165,5	108103	371
372	138384	51478848	19,2873	7,1920	2,57054	2,68817	1168,7	108687	372
373	139129	51895117	19,3132	7,1984	2,57171	2,68097	1171,8	109272	373
374	139876	52313624	19,3391	7,2048	2,57287	2,67380	1175,0	109858	374
375	140625	52734375	19,3649	7,2112	2,57403	2,66667	1178,1	110447	375
376	141376	53157376	19,3907	7,2177	2,57519	2,65957	1181,2	111036	376
377	142129	53582633	19,4165	7,2240	2,57634	2,65252	1184,4	111628	377
378	142884	54010152	19,4422	7,2304	2,57749	2,64550	1187,5	112221	378
379	143641	54439939	19,4679	7,2368	2,57864	2,63852	1190,7	112815	379
380	144400	54872000	19,4936	7,2432	2,57978	2,63158	1193,8	113411	**380**
381	145161	55306341	19,5192	7,2495	2,58092	2,62467	1196,9	114009	381
382	145924	55742968	19,5448	7,2558	2,58206	2,61780	1200,1	114608	382
383	146689	56181887	19,5704	7,2622	2,58320	2,61097	1203,2	115209	383
384	147456	56623104	19,5959	7,2685	2,58433	2,60417	1206,4	115812	384
385	148225	57066625	19,6214	7,2748	2,58546	2,59740	1209,5	116418	385
386	148996	57512456	19,6469	7,2811	2,58659	2,59067	1212,7	117021	386
387	149769	57960603	19,6723	7,2874	2,58771	2,58398	1215,8	117628	387
388	150544	58411072	19,6977	7,2936	2,58883	2,57732	1218,9	118237	388
389	151321	58863869	19,7231	7,2999	2,58995	2,57069	1222,1	118847	389
390	152100	59319000	19,7484	7,3061	2,59106	2,56410	1225,2	119459	**390**
391	152881	59776471	19,7737	7,3124	2,59218	2,55754	1228,4	120072	391
392	153664	60236288	19,7990	7,3186	2,59329	2,55102	1231,5	120687	392
393	154449	60698457	19,8242	7,3248	2,59439	2,54453	1234,6	121304	393
394	155236	61162984	19,8494	7,3310	2,59550	2,53807	1237,8	121922	394
395	156025	61629875	19,8746	7,3372	2,59660	2,53165	1240,9	122542	395
396	156816	62099136	19,8997	7,3434	2,59770	2,52525	1244,1	123163	396
397	157609	62570773	19,9249	7,3496	2,59879	2,51889	1247,2	123786	397
398	158404	63044792	19,9499	7,3558	2,59988	2,51256	1250,4	124410	398
399	159201	63521199	19,9750	7,3619	2,60097	2,50627	1253,5	125036	399
400	160000	64000000	20,0000	7,3681	2,60206	2,50000	1256,6	125664	**400**

Таблицы степеней, корней, десятичных логарифмов, обратных величин, длин окружностей и площадей кругов.

Продолжение

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\lg n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
400	160000	64000000	20,0000	7,3681	2,60206	2,50000	1256,6	125664	**400**
401	160801	64481201	20,0250	7,3742	2,60314	2,49377	1259,8	126293	401
402	161604	64964808	20,0499	7,3803	2,60423	2,48756	1262,9	126923	402
403	162409	65450827	20,0749	7,3864	2,60531	2,48139	1266,1	127556	403
404	163216	65939264	20,0998	7,3925	2,60638	2,47525	1269,2	128190	404
405	164025	66430125	20,1246	7,3986	2,60746	2,46914	1272,3	128825	405
406	164836	66923416	20,1494	7,4047	2,60853	2,46305	1275,5	129462	406
407	165649	67419143	20,1742	7,4108	2,60959	2,45700	1278,6	130100	407
408	166464	67917312	20,1990	7,4169	2,61066	2,45098	1281,8	130741	408
409	167281	68417929	20,2237	7,4229	2,61172	2,44499	1284,9	131382	409
410	168100	68921000	20,2485	7,4290	2,61278	2,43902	1288,1	132025	**410**
411	168921	69426531	20,2731	7,4350	2,61384	2,43309	1291,2	132670	411
412	169744	69934528	20,2978	7,4410	2,61490	2,42718	1294,3	133317	412
413	170569	70444997	20,3224	7,4470	2,61595	2,42131	1297,5	133965	413
414	171396	70957944	20,3470	7,4530	2,61700	2,41546	1300,6	134614	414
415	172225	71473375	20,3715	7,4590	2,61805	2,40964	1303,8	135265	415
416	173056	71991296	20,3961	7,4650	2,61909	2,40385	1306,9	135918	416
417	173889	72511713	20,4206	7,4710	2,62014	2,39808	1310,0	136572	417
418	174724	73034632	20,4450	7,4770	2,62118	2,39234	1313,2	137228	418
419	175561	73560059	20,4695	7,4829	2,62221	2,38663	1316,3	137885	419
420	176400	74088000	20,4939	7,4889	2,62325	2,38095	1319,5	138544	**420**
421	177241	74618461	20,5183	7,4948	2,62428	2,37530	1322,6	139205	421
422	178084	75151448	20,5426	7,5007	2,62531	2,36967	1325,8	139867	422
423	178929	75686967	20,5670	7,5067	2,62634	2,36407	1328,9	140531	423
424	179776	76225024	20,5913	7,5126	2,62737	2,35849	1332,0	141196	424
425	180625	76765625	20,6155	7,5185	2,62839	2,35294	1335,2	141863	425
426	181476	77308776	20,6398	7,5244	2,62941	2,34742	1338,3	142531	426
427	182329	77854483	20,6640	7,5302	2,63043	2,34192	1341,5	143201	427
428	183184	78402752	20,6882	7,5361	2,63144	2,33645	1344,6	143872	428
429	184041	78953589	20,7123	7,5420	2,63246	2,33100	1347,7	144545	429
430	184900	79507000	20,7364	7,5478	2,63347	2,32558	1350,9	145220	**430**
431	185761	80062991	20,7605	7,5537	2,63448	2,32019	1354,0	145896	431
432	186624	80621568	20,7846	7,5595	2,63548	2,31481	1357,2	146574	432
433	187489	81182737	20,8087	7,5654	2,63649	2,30947	1360,3	147254	433
434	188356	81746504	20,8327	7,5712	2,63749	2,30415	1363,5	147934	434
435	189225	82312875	20,8567	7,5770	2,63849	2,29885	1366,6	148617	435
436	190096	82881856	20,8806	7,5828	2,63949	2,29358	1369,7	149301	436
437	190969	83453453	20,9045	7,5886	2,64048	2,28833	1372,9	149987	437
438	191844	84027672	20,9284	7,5944	2,64147	2,28311	1376,0	150674	438
439	192721	84604519	20,9523	7,6001	2,64246	2,27790	1379,2	151363	439
440	193600	85184000	20,9762	7,6059	2,64345	2,27273	1382,3	152053	**440**

Таблицы степеней, корней, десятичных логарифмов, обратных величин, длин окружностей и площадей кругов.

Продолжение.

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\lg n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
440	193600	85184000	20,9762	7,6059	2,64345	2,27273	1382,3	152053	**440**
441	194481	85766121	21,0000	7,6117	2,64444	2,26757	1385,4	152745	441
442	195364	86350888	21,0238	7,6174	2,64542	2,26244	1388,6	153439	442
443	196249	86938307	21,0476	7,6232	2,64640	2,25734	1391,7	154134	443
444	197136	87528384	21,0712	7,6289	2,64738	2,25225	1394,9	154830	444
445	198025	88121125	21,0950	7,6346	2,64836	2,24719	1398,0	155528	445
446	198916	88716536	21,1187	7,6403	2,64933	2,24215	1401,2	156228	446
447	199809	89314623	21,1424	2,6460	2,65031	2,23714	1404,3	156930	447
448	200704	89915392	21,1660	7,6517	2,65128	2,23214	1407,4	157633	448
449	201601	90518849	21,1896	7,6574	2,65225	2,22717	1410,6	158337	449
450	202500	91125000	21,2132	7,6631	2,65321	2,22222	1413,7	159043	**450**
451	203401	91733851	21,2368	7,6688	2,65418	2,21729	1416,9	159751	451
452	204304	92345408	21,2603	7,6744	2,65514	2,21239	1420,0	160460	452
453	205209	92959677	21,2838	7,6801	2,65610	2,20751	1423,1	161171	453
454	206116	93576664	21,3073	7,6857	2,65706	2,20264	1426,3	161883	454
455	207025	94196375	21,3307	7,6914	2,65801	2,19780	1429,4	162597	455
456	207936	94818816	21,3542	7,6970	2,65896	2,19298	1432,6	163313	456
457	208849	95443993	21,3776	7,7026	2,65992	2,18818	1435,7	164030	457
458	209764	96071912	21,4009	7,7082	2,66087	2,18341	1438,8	164748	458
459	210681	96702579	21,4243	7,7138	2,66181	2,17865	1442,0	165468	459
460	211600	97336000	21,4476	7,7194	2,66276	2,17391	1445,1	166190	**460**
461	212521	97972181	21,4709	7,7250	2,66370	2,16920	1448,3	166914	461
462	213444	98611128	21,4942	7,7306	2,66464	2,16450	1451,4	167639	462
463	214369	99252847	21,5174	7,7362	2,66558	2,15983	1454,6	168365	463
464	215296	99897344	21,5407	7,7418	2,66652	2,15517	1457,7	169093	464
465	216225	100544625	21,5639	7,7473	2,66745	2,15054	1460,8	169823	465
466	217156	101194696	21,5870	7,7529	2,66839	2,14592	1464,0	170554	466
467	218089	101847563	21,6102	7,7584	2,66932	2,14133	1467,1	171287	467
468	219024	102503232	21,6333	7,7639	2,67025	2,13675	1470,3	172021	468
469	219961	103161709	21,6564	7,7695	2,67117	2,13220	1473,4	172757	469
470	220900	103823000	21,6795	7,7750	2,67210	2,12766	1476,5	173494	**470**
471	221841	104487111	21,7025	7,7805	2,67302	2,12314	1479,7	174234	471
472	222784	105154048	21,7256	7,7860	2,67394	2,11864	1482,8	174974	472
473	223729	105823817	21,7486	7,7915	2,67486	2,11416	1486,0	175716	473
474	224676	106496424	21,7715	7,7970	2,67578	2,10970	1489,1	176460	474
475	225625	107171875	21,7945	7,8025	2,67669	2,10526	1492,3	177205	475
476	226576	107850176	21,8174	7,8079	2,67761	2,10084	1495,4	177952	476
477	227529	108531333	21,8403	7,8134	2,67852	2,09644	1498,5	178701	477
478	228484	109215352	21,8632	7,8188	2,67943	2,09205	1501,7	179451	478
479	229441	109902239	21,8861	7,8243	2,68034	2,08768	1504,8	180203	479
480	230400	110592000	21,9089	7,8297	2,68124	2,08333	1508,0	180956	**480**

Таблицы степеней, корней, десятичных логарифмов, обратных величин, длин окружностей и площадей кругов.

Продолжение.

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\lg n$	$\frac{1,00}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
480	230400	110592000	21,9089	7,8297	2,68124	2,08333	1508,0	180956	**480**
481	231361	111284641	21,9317	7,8352	2,68215	2,07900	2511,1	181711	481
482	232324	111980168	21,9545	7,8406	2,68305	2,07469	1514,2	182467	482
483	233289	112678587	21,9773	7,8460	2,68395	2,07039	1517,4	183225	483
484	234256	113379904	22,0000	7,8514	2,63485	2,06612	1520,5	183984	484
485	235225	114084125	22,0227	7,8568	2,68574	2,06186	1523,7	184745	485
486	236196	114791256	22,0454	7,8622	2,68664	2,05761	1526,8	185508	486
487	237169	115501303	22,0681	7,8676	2,68753	2,05339	1530,0	186272	487
188	238144	116214272	22,0907	7,8730	2,68842	2,04918	1533,1	187038	488
489	239121	116930169	22,1133	7,8784	2,68931	2,04499	1536,2	287805	489
490	240100	117649000	22,1359	7,8837	2,69020	2,04082	1539,4	188574	**490**
491	241081	118370771	22,1585	7,8891	2,69108	2,03666	1542,5	189345	491
492	242064	119095488	22,1811	7,8944	2,69197	2,03252	1545,7	190117	492
493	243049	119823157	22,2036	7,8998	2,69285	2,02840	1548,8	190890	493
494	244036	120553784	22,2261	7,9051	2,69373	2,02429	1551,9	191665	494
495	245025	121287375	22,2486	7,9105	2,69461	2,02020	1555,1	192442	495
496	246016	122023936	22,2711	7,9158	2,69548	2,01613	1558,2	193221	496
497	*247009*	*122763473*	*22,2935*	*7,9211*	*2,69636*	*2,01207*	*1561,4*	*194000*	*497*
498	248004	123505992	22,3159	7,9264	2,69723	2,00803	1564,5	194782	498
499	249001	124251499	22,3383	7,9317	2,69810	2,00401	1567,7	195565	499
500	250000	125000000	22,3607	7,9370	2,69897	2,00000	1570,8	196350	**500**
501	251001	125751501	22,3830	7,9423	2,69984	1,99601	1573,9	97136	501
502	252004	126506008	22,4054	7,9476	2,70070	1,99203	1577,1	197923	502
503	253009	127263527	22,4277	7,9528	2,70157	1,98807	1580,2	198713	503
504	254016	128024064	22,4499	7,9581	2,70243	1,98413	1583,4	199504	504
505	255025	128787625	22,4722	7,9634	2,70329	1,98020	1586,5	200296	505
506	256036	129554216	22,4944	7,9686	2,70415	1,97628	1589,6	201090	506
507	257049	130323843	22,5167	7,9739	2,70501	1,97239	1592,8	201886	507
508	258064	131096512	22,5389	7,9791	2,70586	1,96850	1595,9	202683	508
509	259081	131872229	22,5610	7,9843	2,70672	1,96464	1599,1	203482	509
510	260100	132651000	22,5832	7,9896	2,70757	1,96078	1602,2	204282	**510**
511	261121	133432831	22,6053	7,9948	2,70842	1,95695	1605,4	205084	511
512	262144	134217728	22,6274	8,0000	2,70927	1,95312	1608,5	205887	512
513	263169	135005697	22,6495	8,0052	2,71012	1,94932	1611,6	206692	513
514	264196	135796744	22,6716	8,0104	2,71096	1,94553	1614,8	207499	514
515	265225	136590875	22,6936	8,0156	2,71181	1,94175	1617,9	208307	515
516	266256	137388096	22,7156	8,0208	2,71265	1,93798	1621,1	209117	516
517	267289	138188413	22,7376	8,0260	2,71349	1,93424	1624,2	209928	517
518	268324	138991832	22,7596	8,0311	2,71433	1,93050	1627,3	210741	518
519	269361	136798359	22,7816	8,0363	2,71517	1,92678	1630,5	211556	519
520	270400	140608000	22,8035	8,0415	2,71600	1,92308	1633,6	212372	**520**

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\lg n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
520	270400	140608000	22,8035	8,0415	2,71600	1,92308	1633,6	212372	**520**
521	271441	141420761	22,8254	8,0466	2,71684	1,91939	1636,8	213189	521
522	272484	142236648	22,8473	8,0517	2,71767	1,91571	1639,9	214008	522
523	273529	143055667	22,8692	8,0569	2,71850	1,91205	1643,1	214829	523
524	274576	143877824	22,8910	8,0620	2,71933	1,90840	1646,2	215651	524
525	275625	144703125	22,9129	8,0671	2,72016	1,90476	1649,3	216475	525
526	276676	145531576	22,9347	8,0723	2,72099	1,90114	1652,5	217301	526
527	277729	146363183	22,9565	8,0774	7,72181	1,89753	1655,6	218128	527
528	278784	147197952	22,9783	8,0825	2,72263	1,89394	1658,8	218956	528
529	279841	148035889	23,0000	8,0876	2,72346	1,89036	1661,9	219787	529
530	280900	148877000	23,0217	8,0927	2,72428	1,88679	1665,0	220618	**530**
531	281961	149721291	23,0434	8,0978	2,72509	1,88324	1668,2	221452	531
532	283024	150568768	23,0651	8,1028	2,72591	1,87970	1671,3	222287	532
533	284089	151419437	23,0868	8,1079	3,72673	1,87617	1674,5	223123	533
534	285156	152273304	23,1084	8,1130	2,72754	1,87266	1677,6	223961	534
535	286225	153130375	23,1301	8,1180	2,72835	1,86916	1680,8	224801	535
536	287296	153990656	23,1517	8,1231	5,72916	1,86567	1683,9	225642	536
537	288369	154854153	23,1733	8,1281	2,72997	1,86220	1687,0	226484	537
538	289444	155720872	23,1948	8,1332	2,73078	1,85874	1690,2	227329	538
539	290521	156590819	23,2164	8,1382	2,73159	1,85529	1693,3	228175	539
540	291600	157464000	23,2379	8,1433	2,73239	1,85185	1696,5	229022	**540**
541	292681	158340421	23,2594	8,1483	2,73320	1,84843	1699,6	229871	541
542	293764	159220088	23,2809	8,1533	2,73400	1,84502	1702,7	230722	542
543	294849	160103007	23,3024	8,1583	2,73480	1,84162	1705,9	231574	543
544	295936	160989184	23,3238	8,1633	2,73560	1,83824	1709,0	232428	544
545	297025	161878625	23,3452	8,1683	2,73640	1,83486	1712,2	233283	545
546	298116	162771336	23,3666	8,1733	2,73719	1,83150	1715,3	234140	546
547	299209	163667323	23,3880	8,1783	2,73799	1,82815	1718,5	234998	547
548	300304	164566592	23,4094	8,1833	2,73878	1,82482	1721,6	235858	548
549	301401	165469149	23,4307	8,1882	2,73957	1,82149	1724,7	236720	549
550	302500	166375000	23,4521	8,1932	2,74036	1,81818	1727,9	237583	**550**
551	303601	167284151	23,4734	8,1982	2,74115	1,81488	1731,0	238448	551
552	304704	168196608	23,4947	8,2031	2,74194	1,81159	1734,2	239314	552
553	305809	169112377	23,5160	8,2081	2,74273	1,80832	1737,3	240182	553
554	306916	170031464	23,5372	8,2130	2,74351	1,80595	1740,4	241051	554
555	308025	170953875	23,5584	8,2180	2,74429	1,80180	1743,6	241922	555
556	309136	171879616	23,5797	8,2229	2,74507	1,79856	1746,7	242795	556
557	310249	172808693	23,6008	8,2278	2,74586	1,79533	1749,9	243669	557
558	311364	173741112	23,6220	8,2327	2,74663	1,79211	1753,0	244545	558
559	312481	174676879	23,6432	8,2377	2,74741	1,78891	1756,2	245422	559
560	313600	175616000	23,6643	8,2426	2,74819	1,78571	1759,3	246301	**560**

Таблицы степеней корней, десятичных логарифмов, обратных величин, длин окружностей и площадей кругов.

Продолжение.

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\lg n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
560	313600	175616000	23,6643	8,2426	2,74819	1,78571	1759,3	246301	**560**
561	314721	176558481	23,6854	8,2475	2,74896	1,78253	1762,4	247181	561
562	315844	177504328	23,7065	8,2524	2,74974	1,77936	1765,6	248063	562
563	316969	178453547	23,7276	8,2573	2,75051	1,77620	1768,7	248947	563
564	318096	179406144	23,7487	8,2621	2,75128	1,77305	1771,9	249832	564
565	319225	180362125	23,7697	8,2670	2,75205	1,76991	1775,0	250719	565
566	320356	181321496	23,7908	8,2719	2,75282	1,76678	1778,1	251607	566
567	321489	182284263	23,8118	8,2768	2,75358	1,76367	1781,3	252497	567
568	322624	183250432	23,8328	8,2816	2,75435	1,76056	1784,4	253388	568
569	323761	184220009	23,8537	8,2865	2,75511	1,75747	1787,6	254281	569
570	324900	185193000	23,8747	8,2913	2,75587	1,75439	1790,7	255176	**570**
571	326041	186169411	23,8956	8,2962	2,75664	1,75131	1793,8	256072	571
572	327184	187149248	23,9165	8,3010	2,75740	1,74825	1797,0	256970	572
573	328329	188132517	23,9374	8,3059	2,75815	1,74520	1800,1	257869	573
574	329476	189119224	23,9583	8,3107	2,75891	1,74216	1803,3	258770	574
575	330625	190109375	23,9792	8,3155	2,75967	1,73913	1806,4	259672	575
576	331776	191102976	24,0000	8,3203	2,76042	1,73611	1809,6	260576	576
577	332929	192100033	24,0208	8,3251	2,76118	1,73310	1812,7	261482	577
578	334084	193100552	24,0416	8,3300	2,76193	1,73010	1815,8	262389	578
579	335241	194104539	24,0624	8,3348	2,76268	1,72712	1819,0	263298	579
580	336400	195112000	24,0832	8,3396	2,76343	1,72414	1822,1	264208	**580**
581	337561	196122941	24,1039	8,3443	2,76418	1,72117	1825,3	265120	581
582	338724	197137368	24,1247	8,3491	2,76492	1,71821	1828,4	266033	582
583	339889	198155287	24,1454	8,3539	2,76567	1,71527	1831,6	266948	583
584	341056	199176704	24,1661	8,3587	2,76641	1,71233	1834,7	267865	584
585	342225	200201625	24,1868	8,3634	2,76716	1,70940	1837,8	268783	585
586	343396	201230056	24,2074	8,3682	2,76790	1,70648	1841,0	269703	586
587	344569	202262003	24,2281	8,3730	2,76864	1,70358	1844,1	270624	587
588	345744	203297472	24,2487	8,3777	2,76938	1,70068	1847,3	271547	588
589	346921	204336469	24,2693	8,3825	2,77012	1,69779	1850,4	272471	589
590	348100	205379000	24,2899	8,3872	2,77085	1,69492	1853,5	273397	**590**
591	349281	206425071	24,3105	8,3919	2,77159	1,69205	1856,7	274325	591
592	350464	207474688	24,3311	8,3967	2,77232	1,68919	1859,8	275254	592
593	351649	208527857	24,3516	8,4014	2,77305	1,68634	1863,0	276184	593
594	352836	209584584	24,3721	8,4061	2,77379	1,68350	1866,1	277117	594
595	354025	210644875	24,3926	8,4108	2,77452	1,68067	1869,2	278051	595
596	355216	211708736	24,4131	8,4155	2,77525	1,67785	1872,4	278986	596
597	356409	212776173	24,4336	8,4202	2,77597	1,67504	1875,5	279923	597
598	357604	213847192	24,4540	8,4249	2,77670	1,67224	1878,7	280862	598
599	358801	214921799	54,4745	8,4296	2,77743	1,66945	1881,8	281802	599
600	360000	216000000	24,4949	8,4343	2,77815	1,66667	1885,0	282743	**600**

Таблицы степеней, корней, десятичных логарифмов, обратных величин, длин окружностей и площадей кругов.

Продолжение.

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\lg n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
600	360000	216000000	24,4949	8,4343	2,77815	1,66667	1885,0	282743	**600**
601	361201	217081801	24,5153	8,4390	2,77887	1,66389	1888,1	283687	601
602	362404	218167208	24,5357	8,4437	2,77960	1,66113	1891,2	284631	602
603	363609	219256227	24,5561	8,4484	2,78032	1,65837	1894,4	285578	603
604	364816	220348864	24,5764	8,4530	2,78104	1,65563	1897,5	286526	604
605	366025	221445125	24,5967	8,4577	2,78176	1,65289	1900,7	287475	605
606	367236	222545016	24,6171	8,4623	2,78247	1,65017	1903,8	288426	606
607	368449	223648543	24,6374	8,4670	2,78319	1,64745	1906,9	289379	607
608	369664	224755712	24,6577	8,4716	2,78390	1,64474	1910,1	290333	608
609	370881	225866529	24,6779	8,4763	2,78462	1,64204	1913,2	291289	609
610	372100	226981000	24,6982	8,4809	2,78533	1,63934	1916,4	292247	**610**
611	373321	2 8099131	24,7184	8,4856	2,78604	1,63666	1919,5	293206	611
612	374544	229220928	24,7386	8,4902	2,78675	1,63399	1922,7	294166	612
613	375769	230346397	24,7588	8,4948	2,78746	1,63132	1925,8	295128	613
614	376996	231475544	24,7790	8,4994	2,78817	1,62866	1928,9	296092	614
615	378225	232608375	24,7992	8,5040	2,78888	1,62602	1932,1	297057	615
616	379456	233744896	24,8193	8,5086	2,78958	1,62338	1935,2	298024	616
617	380689	234885113	24,8395	8,5132	2,79029	1,62075	1938,4	298992	617
618	381924	236029032	24,8596	8,5178	2,79099	1,61812	1941,5	299962	618
619	383161	237176659	24,8797	8,5224	2,79169	1,61551	1944,6	300934	619
620	384400	238328000	24,8998	8,5270	2,79239	0,61290	1947,8	301907	**620**
621	385641	239483061	24,9199	8,5316	2,79309	1,61031	1950,9	302882	621
622	386884	240641848	24,9399	8,5362	2,79379	1,60772	1954,1	303858	622
623	388129	241804367	24,9600	8,5408	2,79449	1,60514	1957,2	304836	623
624	389376	242970624	24,9800	8,5453	2,79518	1,60256	1960,4	305815	624
625	390625	244140625	25,0000	8,5499	2,79588	1,60000	1963,5	306796	625
626	391876	245314376	25,0200	8,5544	2,79657	1,59744	1966,6	307779	626
627	393129	246491883	25,0400	8,5590	2,79727	1,59490	1969,8	308763	627
628	394384	247673152	25,0599	8,5635	2,79796	1,59236	1972,9	309748	628
629	395641	248858189	25,0799	8,5681	2,79865	1,58983	1976,1	310736	629
630	396900	250047000	25,0998	8,5726	2,79934	1,58730	1979,2	311725	**630**
631	398161	251239591	25,1197	8,5772	2,80003	1,58479	1982,3	312715	631
632	399424	252435968	25,1396	8,5817	2,80072	1,58228	1985,5	313707	632
633	400689	253636137	25,1595	8,5862	2,80140	1,57978	1988,6	314700	633
634	401956	254840104	25,1794	8,5907	2,80209	1,57729	1991,8	315696	634
635	403225	256047875	25,1992	8,5952	2,80277	1,57480	1994,9	316692	635
636	404496	257259456	25,2190	8,5997	2,80346	1,57233	1998,1	317690	636
637	405769	258474853	25,2389	8,6043	2,80414	1,56986	2001,2	318690	637
638	407044	259694072	25,2587	8,6088	2,80482	1,56740	2004,3	319692	638
639	408321	260917119	25,2784	8,6132	2,80550	1,56495	2007,5	320695	639
640	409600	262144000	25,2982	8,6177	2,80618	1,56250	2010,6	321699	**640**

Таблицы степеней, корней, десятичных логарифмов, обратных величин, длин окружностей и площадей кругов.

Продолжение.

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\lg n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
640	409600	262144000	25,2982	8,6177	2,80618	1,56250	2010,6	321699	**640**
641	410881	263374721	25,3180	8,6222	2,80688	1,56006	2013,8	322705	641
642	412164	264609288	25,3377	8,6267	2,80754	1,55763	2016,9	323713	642
643	413449	265847707	25,3574	8,6312	2,80821	1,55521	2020,0	324722	643
644	414736	267089984	25,3772	8,6357	2,80889	1,55280	2023,2	325733	644
645	416025	268336125	25,3969	8,6401	2,80956	1,55039	2026,3	326745	645
646	417316	269586136	25,4165	8,6446	2,81023	1,54799	2029,5	327759	646
647	418609	270840023	25,4362	8,6490	2,81090	1,54560	2032,6	328775	647
648	419904	272097792	25,4558	8,6535	2,81158	1,54321	2035,8	329792	648
649	421201	273359449	25,4755	8,6579	2,81224	1,54083	2038,9	330810	649
650	422500	274625000	25,4951	8,6624	2,81291	1,53846	2042,0	331831	**650**
651	423801	275894451	25,5147	8,6668	2,81358	1,53610	2045,2	332853	651
652	425104	277167808	25,5343	8,6713	2,81425	1,53374	2048,3	333876	652
653	426409	278445077	25,5539	8,6757	2,81491	1,53139	2051,5	334901	653
654	427716	279726264	25,5734	8,6801	2,81558	1,52905	2054,6	335927	654
655	429025	281011375	25,5930	8,6845	2,81624	1,52672	2057,7	336955	655
656	430336	282300416	25,6125	8,6890	2,81690	1,52439	2060,9	337985	656
657	431649	283593393	25,6320	8,6934	2,81757	1,52207	2064,0	339016	657
658	432964	284890312	25,6515	8,6978	2,81823	1,51976	2067,2	340049	658
659	434281	286191179	25,6710	8,7022	2,81889	1,51745	2070,3	341084	659
660	435600	287496000	25,6905	8,7066	2,81954	1,51515	2073,5	342119	**660**
661	436921	288804781	25,7099	8,7110	2,82020	1,51286	2076,6	343157	661
662	438244	290117528	25,7294	8,7154	2,82086	1,51057	2079,7	344196	662
663	439569	291434247	25,7488	8,7198	2,82151	1,50830	2082,9	345237	663
664	440896	292754944	25,7682	8,7241	2,82217	1,50602	2086,0	346279	664
665	442225	294079625	25,7876	8,7285	2,82282	1,50376	2089,2	347323	665
666	443556	295408296	25,8070	8,7329	2,82347	1,50150	2092,3	348368	666
667	444889	296740963	22,8263	8,7373	2,82413	1,49925	2095,4	349415	667
668	446224	298077632	25,8457	8,7416	2,82478	1,49701	2098,6	350464	668
669	447561	299418309	25,8650	8,7460	2,82543	1,49477	2101,7	351514	669
670	448900	300763000	25,8844	8,7503	2,82607	1,49254	2104,9	352565	**670**
671	450241	302111711	25,9037	8,7547	2,82672	1,49031	2108,0	353618	671
672	451584	303464448	25,9230	8,7590	2,82737	1,48810	2111,2	354673	672
673	452929	304821217	25,9422	8,7634	2,82802	1,48588	2114,3	355730	673
674	454276	306182024	25,9615	8,7677	2,82866	1,48368	2117,4	356788	674
675	455625	307546875	25,9808	8,7721	2,82930	1,48148	2120,6	357847	675
676	456976	308915776	26,0000	8,7764	2,82995	1,47929	2123,7	358908	676
677	458329	310288733	26,0192	8,7807	2,83059	1,47710	2126,9	359971	677
678	459684	311665752	21,0384	8,7850	2,83123	1,47493	2130,0	361035	678
679	461041	313046839	26,0576	8,7893	2,83187	1,47275	2133,1	362101	679
680	462400	314432000	26,0768	8,7937	2,83251	1,47059	2136,3	363168	**680**

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\lg n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
680	462400	314432000	26,0765	8,7937	2,83251	1,47059	2136,2	363168	**680**
681	463761	315821241	26,0960	8,7980	2,83315	1,46843	2139,4	364237	681
682	465124	317214568	26,1151	8,8023	2,83378	1,46628	2142,6	365308	682
683	466489	318611987	26,1343	8,8066	2,83442	1,46413	2145,7	366380	683
684	467856	320013504	26,1534	8,8109	2,83506	1,46199	2148,8	367453	684
685	469225	321419125	26,1725	8,8152	2,83569	1,45985	2152,0	368528	685
686	470596	322828856	26,1916	8,8194	2,83632	1,45773	2155,1	369605	686
687	471969	324242703	26,2107	8,8237	2,83696	1,45560	2158,3	370684	687
688	473344	325660672	26,2298	8,8280	2,83759	1,45349	2161,4	371764	688
689	474721	327082769	26,2488	8,8323	2,83822	1,45138	2164,6	372845	689
690	476100	328509000	26,2679	8,8366	2,83885	1,44928	2167,7	373928	**690**
691	477481	329939371	26,2869	8,8408	2,83948	1,44718	2170,8	375013	691
692	478864	331373888	26,3059	8,8451	2,84011	1,44509	2174,0	376099	692
693	480249	332812557	26,3249	8,8493	2,84073	1,44300	2177,1	377187	693
694	481636	334255384	26,3439	8,8536	2,84136	1,44092	2180,3	378276	694
695	483025	335702375	26,3629	8,8578	2,84198	1,43885	2183,4	379367	695
696	484416	337153536	26,3818	8,8621	2,84261	1,43678	2186,5	380459	696
697	485809	338608873	26,4008	8,8663	2,84323	1,43472	2189,7	381553	697
698	487204	340068392	26,4197	8,8706	2,84386	1,43266	2192,8	382649	698
699	488601	341532099	26,4386	8,8748	2,84448	1,43062	2196,0	383746	699
700	490000	343000000	26,4575	8,8790	2,84510	1,42857	2199,1	384845	**700**
701	491401	344472101	26,4764	8,8833	2,84572	1,42653	2202,3	385945	701
702	492804	345948408	26,4953	8,8875	2,84634	1,42450	2205,4	387047	702
703	494209	347428927	26,5141	8,8917	2,84696	1,42248	2208,5	388151	703
704	495616	348913664	26,5330	8,8959	2,84757	1,42045	2211,7	389256	704
705	497025	350402625	26,5518	8,9001	2,84819	1,41844	2214,8	390363	705
706	498436	351895816	26,5707	8,9043	2,84880	1,41643	2218,0	391471	706
707	499849	353393243	26,5895	8,9085	2,84942	1,41443	2221,1	392580	707
708	501264	354894912	26,6083	8,9127	2,85003	1,41243	2224,2	393692	708
709	502681	356400829	26,6271	8,9169	2,85065	1,41044	2227,4	394805	709
710	504100	357911000	26,6458	8,9211	2,85126	1,40845	2230,5	395919	**710**
711	505521	359425431	26,6646	8,9253	2,85187	1,40647	2233,7	397035	711
712	506944	360944128	26,6833	8,9295	2,85248	1,40449	2236,8	398153	712
713	508369	362467097	26,7021	8,9337	2,85309	1,40252	2240,0	399272	713
714	509796	363994344	26,7208	8,9378	2,85370	1,40056	2243,1	400393	714
715	511225	365525875	26,7395	8,9420	2,85431	1,39860	2246,2	401515	715
716	512656	367061696	26,7582	8,9462	2,85491	1,39665	2249,4	402639	716
717	514089	368601813	26,7769	8,9503	2,85552	1,39470	2252,5	403765	717
718	515524	370146232	26,7955	8,9545	2,85612	1,39276	2255,7	404892	718
719	516961	371694959	26,8142	8,9587	2,85673	1,39082	2258,8	406020	719
720	518400	373248000	26,8328	8,9628	2,85733	1,38889	2261,9	407150	**720**

Таблицы степеней, корней, десятичных логарифмов, обратных величин, длин окружностей и площадей кругов.

Продолжение.

n	n^3	n^2	$\sqrt{n}$	$\sqrt{n}$	$\lg n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
720	518400	373248000	26,8328	8,9628	2,85733	1,38889	2261,9	407150	**720**
721	519841	374805361	26,8514	8,9670	2,85794	1,38696	2265,1	408282	721
722	521284	376367048	26,8701	8,9711	2,85854	1,38504	2268,2	409415	722
723	522729	377933067	26,8887	8,9752	2,85914	1,38313	2271,4	410550	723
724	524176	379503424	26,9072	8,9794	2,85974	1,38122	2274,5	411687	724
725	525625	381078125	26,9258	8,9835	2,86034	1,37931	2277,7	412825	725
726	527076	382657176	26,9444	8,9876	2,86094	1,37741	2280,8	4 3965	726
727	528529	384240583	26,9629	8,9918	2,86153	1,37552	2283,9	415106	727
728	529984	385828352	26,9815	8,9959	2,86213	1,37363	2187,1	416248	728
729	531441	387420489	27,0000	9,0000	2,86273	1,37174	2290,2	417393	729
730	532900	389017000	27,0185	9,0041	2,86332	1,36986	2293,4	418539	**730**
731	534361	390617891	27,0370	9,0082	2,86392	1,36799	2296,5	419686	731
732	535824	392223168	27,0555	9,0123	2,86451	1,36612	2299,6	420835	732
733	537289	393832837	27,0740	9,0164	2,86510	1,36426	2302,8	421986	733
734	538756	395446904	27,0924	9,0205	2,86570	1,36240	2305,9	423138	734
735	540225	397065375	27,1109	9,0246	2,86629	1,36054	2309,1	424293	735
736	541696	398688256	27,1299	9,0287	2,86688	1,35870	2312,2	425447	736
737	543169	400315553	27,1477	9,0328	2,86747	1,35685	2315,4	426604	737
738	544644	401947272	27,1662	9,0369	2,86806	1,35501	2318,5	427762	738
739	546121	403583419	27,1846	9,0410	2,86864	1,35318	2321,6	428922	739
740	547600	405224000	27,2029	9,0450	2,86923	1,35135	2324,8	430084	**740**
741	549081	406869021	27,2213	9,0491	2,86982	1,34953	2327,9	431247	741
742	550564	408518488	27,2397	9,0532	2,87040	1,34771	2331,1	432412	742
743	552049	410172407	27,2580	9,0572	2,87099	1,34590	2334,2	433578	743
744	553536	411830784	27,2764	9,0613	2,87157	1,34409	2337,3	434746	744
745	555025	413493625	27,2947	9,0654	2,87216	1,34228	2340,5	435916	745
746	556516	415160936	27,3130	9,0694	2,87274	1,34048	2343,6	437087	746
747	558009	416832723	27,3313	9,0735	2,87332	1,33869	2346,8	438259	747
748	559504	418508992	27,3496	9,0775	2,87390	1,33690	2349,9	439433	748
749	561001	420189749	27,3679	9,0816	2,87448	1,33511	2353,1	440609	749
750	562500	421875000	27,3861	9,0856	2,87506	1,33333	2356,2	441786	**750**
751	564001	423564751	27,4044	9,0896	2,87564	1,33156	2359,3	442695	751
752	565504	425259008	27,4226	9,0937	2,87622	1,32979	2362,5	444146	752
753	567009	426957777	27,4408	9,0977	2 87679	1,32802	2365,6	445328	753
754	568516	428661064	27,4591	9,1017	2,87737	1,32626	2368,8	446511	754
755	570025	430368875	27,4773	9,1057	2,87795	1,32450	2371,9	447697	755
756	571536	432081216	27,4955	9,1098	2,87852	1,32275	2375,0	448883	756
757	573049	433798093	27,5136	9,1138	2,87910	1,32100	2378,2	450072	757
758	574564	435519512	27,5318	9,1178	2,87967	1,31926	2381,3	451262	758
759	576081	437245479	27,5500	9,1218	2,88024	1,31752	2384,5	452453	759
760	577600	438976000	27,5681	9,1258	2,88081	1,31579	2387,6	453646	**760**

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\lg n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
760	577600	438976000	27,5681	9,1258	2,88081	1,31579	2387,6	453646	**760**
761	579121	440711081	27,5862	9,1298	2,88138	1,31406	2390,8	454841	761
762	580644	442450728	27,6043	9,1338	2,88195	1,31234	2393,9	456037	762
763	582169	444194947	27,6225	9,1378	2,88252	1,31062	2397,0	457234	763
764	583696	445943744	27,6405	9,1418	2,88309	1,30890	2400,2	458434	764
765	585225	447697125	27,6586	9,1458	2,88366	1,30719	2403,3	459635	765
766	586756	449455096	27,6767	9,1498	2,88423	1,30548	2406,5	460837	766
767	588289	451217663	27,6948	9,1537	2,88480	1,30378	2409,6	462041	767
768	589824	452984832	27,7128	9,1577	2,88536	1,30208	2412,7	463247	768
769	591361	454756609	27,7308	9,1617	2,88593	1,30039	2415,9	464454	769
770	592900	456533000	27,7489	9,1657	2,88649	1,29870	2419,0	465663	**770**
771	594441	458314011	27,7669	9,1696	2,88705	1,29702	2422,2	466873	771
772	595984	460099648	27,7849	9,1736	2,88762	1,29534	2425,3	468085	772
773	597529	461889917	27,8029	9,1775	2,88818	1,29366	2428,5	469298	773
774	599076	463684824	27,8209	9,1815	2,88874	1,29199	2431,6	470513	774
775	600625	465484375	27,8388	9,1855	2,88930	1,29032	2434,7	471730	775
776	602176	467288576	27,8568	9,1894	2,88986	1,28866	2437,9	472948	776
777	603729	469097433	27,8747	9,1933	2,89042	1,28700	2441,0	474168	777
778	605284	470910952	27,8927	9,1973	2,89098	1,28535	2444,2	475389	778
779	606841	472729139	27,9106	9,2012	2,89154	1,28370	2447,3	476612	779
780	608400	474552000	27,9285	9,2052	2,89209	1,28205	2450,4	477836	**780**
781	609961	476379541	27,9464	9,2091	2,89265	1,28041	2453,6	479062	781
782	611524	478211768	27,9643	9,2130	2,89321	1,27877	2456,7	480290	782
783	613089	480048687	27,9821	9,2170	2,89376	1,27714	2459,9	481519	783
784	614656	481890304	28,0000	9,2209	2,89432	1,27551	2463,0	482750	784
785	616225	483736625	28,0179	9,2248	2,89487	1,27389	2466,2	483982	785
786	617796	485587656	28,0357	9,2287	2,89542	1,27226	2469,3	485216	786
787	619369	487443403	28,0535	9,2326	2,89597	1,27065	2472,4	486451	787
788	620944	489303872	28,0713	9,2365	2,89653	1,26904	2475,6	487688	788
789	622521	491169069	28,0891	9,2404	2,89708	1,26743	2478,7	488927	789
790	624100	493039000	28,1069	9,2443	2,89763	1,26582	2481,9	490167	**790**
791	625681	494913671	28,1247	9,2482	2,89818	1,26422	2485,0	491409	791
792	627264	496793088	28,1425	9,2521	2,89873	1,26263	2488,1	492652	792
793	628849	498677257	28,1603	9,2560	2,89927	1,26103	2491,3	493897	793
794	630436	500566184	28,1780	9,2599	2,89982	1,25945	2494,4	495143	794
795	632025	502459875	28,1957	9,2638	2,90037	1,25786	2497,6	496391	795
796	633616	504358336	28,2135	9,2677	2,90091	1,25628	2500,7	497641	796
797	635209	506261573	28,2312	9,2716	2,90146	1,25471	2503,8	498892	797
798	636804	508169592	28,2489	9,2754	2,90200	1,25313	2507,0	500145	798
799	638401	510082399	28,2666	9,2793	2,90255	1,25156	2510,1	501399	799
800	640000	512000000	28,2843	9,2832	2,90309	1,25000	2513,3	502655	**800**

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\lg n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
800	640000	512000000	28,2843	9,2832	2,90309	1,25000	2513,3	502655	**800**
801	641601	513922401	28,3019	9,2870	2,90363	1,24844	2516,4	503912	801
802	643204	515849608	28,3196	9,2909	2,90417	1,24688	2519,6	505171	802
803	644809	517781627	28,3373	9,2948	2,90472	1,24533	2522,7	506432	803
804	646416	519718464	28,3549	9,2986	2,90526	1,24378	2525,8	507694	804
805	648025	521660125	28,3725	9,3025	2,90580	1,24224	2529,0	508958	805
806	649636	523606616	28,3901	9,3063	2,90634	1,24069	2532,1	510223	806
807	651249	525557943	28,4077	9,3102	2,90687	1,23916	2535,3	511490	807
808	652864	527514112	28,4253	9,3140	2,90741	1,23762	2538,4	512758	808
809	654481	529475129	28,4429	9,3179	2,90795	1,23609	2541,5	514028	809
810	656100	531441000	28,4605	9,3217	2,90849	1,23457	2544,7	515300	**810**
811	657721	533411731	28,4781	9,3255	2,90902	1,23305	2547,8	516573	811
812	659344	535387328	28,4956	9,3294	2,90956	1,23153	2551,0	517848	812
813	660969	537367797	28,5132	9,3332	2,91009	1,23001	2554,1	519124	813
814	662596	539353144	28,5307	9,3370	2,91062	1,22850	2557,3	520402	814
815	664225	541343375	28,5482	9,3408	2,91116	1,22699	2560,4	521681	815
816	665856	543338496	28,5657	9,3447	2,91169	1,22549	2563,5	522962	816
817	667489	545338513	28,5832	9,3485	2,91222	1,22399	2566,7	524245	817
818	669124	547343432	28,6007	9,3523	2,91275	1,22249	2569,8	525529	818
819	670761	549353259	28,6182	9,3561	2,91328	1,22100	2573,0	526814	819
820	672400	551368000	28,6356	9,3599	2,91381	1,21951	2576,1	528102	**820**
821	674041	553387661	28,6531	9,3637	2,91434	1,21803	2579,2	529391	821
822	675684	555412248	28,6705	9,3675	2,91487	1,21655	2582,4	530681	822
823	677329	557441767	28,6880	9,3713	2,91540	1,21507	2585,5	531973	823
824	678976	559476224	28,7054	9,3751	2,91593	1,21359	2588,7	533267	824
825	680625	561515625	28,7228	9,3789	2,91645	1,21212	2591,8	534562	825
826	682276	563559976	28,7402	9,3827	2,91698	1,21065	2595,0	535858	826
827	683929	565609283	28,7576	9,3865	2,91751	1,20919	2598,1	537157	827
828	685584	567663552	28,7750	9,3902	2,91803	1,20773	2601,2	538456	828
829	687241	569722789	28,7924	9,3940	2,91855	1,20627	2604,4	539758	829
830	688900	571787000	28,8097	9,3978	2,91908	1,20482	2607,5	541061	**830**
831	690561	573856191	28,8271	9,4016	2,91960	1,20337	2610,7	542365	831
832	692224	575930368	28,8444	9,4053	2,92012	1,20192	2613,8	543671	832
833	693889	578009537	28,8617	9,4091	2,92065	1,20048	2616,9	544979	833
834	695556	580093704	28,8791	9,4129	2,92117	1,19904	2620,1	546288	834
835	697225	582182875	28,8964	9,4166	2,92169	1,19760	2623,2	547599	835
836	698896	584277056	28,9137	9,4204	2,92221	1,19617	2626,4	548912	836
837	700569	586376253	28,9310	9,4241	2,92273	1,19474	2629,5	550226	837
838	702244	588480472	28,9482	9,4279	2,92324	1,19332	2632,7	551541	838
839	703921	590589719	28,9655	9,4316	2,92376	1,19190	2635,8	552858	839
840	705600	592704000	28,9828	9,4354	2,92428	1,19048	2638,9	554177	**840**

Таблицы степеней, корней, десятичных логарифмов, обратных величин, длин окружностей и площадей кругов.

Продолжение.

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\lg n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
840	705600	592704000	28,9828	9,4354	2,92428	1,19048	2638,9	554177	**840**
841	707281	594823321	29,0 00	9,4391	2,92480	1,18906	2642,1	555497	841
842	708964	596917688	29,0172	9,4429	2,92531	1,18765	2645,2	556819	842
843	710649	599077107	29,0345	9,4466	2,92583	1,18624	2648,4	558142	843
844	712336	601211584	29,0517	9,4504	2,92634	1,18483	2651,5	559467	844
845	714025	603351125	29,0689	9,4541	2,92686	1,18343	2654,6	560794	845
846	715716	605495736	29,0861	9,4578	2,92737	1,18203	2657,8	562122	846
847	717409	607645423	29,1033	9,4615	2,92788	1,18064	2660,9	563452	847
848	719104	609800192	29,1204	9,4652	2,92840	1,17925	2664,1	564783	848
849	720801	611960049	29,1376	9,4690	2,92891	1,17786	2667,2	566116	849
850	722500	614125000	29,1548	9,4727	2,92942	1,17647	2670,4	567450	**850**
851	724201	616295051	29,1719	9,4764	2,92993	1,17509	2673,5	568786	851
852	725904	618470208	29,1890	9,4801	2,93044	1,17371	2676,6	570124	852
853	727609	620650477	29,2062	9,4838	2,93095	1,17233	2679,8	571463	853
854	729316	622835864	29,2233	9,4875	2,93146	1,17096	2682,9	572803	854
855	731025	625026375	29,2404	9,4912	2,93197	1,16959	2686,1	574146	855
856	732736	627222016	29,2575	9,4949	2,93247	1,16822	2689,2	575490	856
857	734449	629422793	29,2746	9,4986	2,93298	1,16686	2692,3	576835	857
858	736164	631628712	29,2916	9,5023	2,93349	1,16550	2695,5	578182	858
859	737881	633839779	29,3087	9,5060	2,93399	1,16414	2698,6	579510	859
860	739600	636056000	29,3258	9,5097	2,93450	1,16279	2701,8	580880	**860**
861	741321	638277381	29,3428	9,5134	2,93500	1,16144	2704,9	582232	861
862	743044	640503928	29,3598	9,5171	2,93551	1,16009	2708,1	583585	862
863	744769	642735647	29,3769	9,5207	2,93601	1,15875	2711,2	584940	863
864	746496	644972544	29,3939	9,5244	2,93651	1,15741	2714,3	586297	864
865	748225	647214625	29,4109	9,5281	2,93702	1,15607	2717,5	587655	865
866	749956	649461896	29,4279	9,5317	2,93752	1,15473	2720,6	589014	866
867	751689	651714363	29,4449	9,5354	2,93802	1,15340	2723,8	590375	867
868	753424	653972032	29,4618	9,5391	2,93852	1,15207	2726,9	591738	868
869	755161	656234909	29,4788	9,5427	2,93902	1,15075	2730,0	593102	869
870	756300	658503000	29,4958	9,5464	2,93952	1,14943	2733,2	594468	**870**
871	758641	660776311	29,5127	9,5501	2,94002	1,14811	2736,6	595837	871
872	760384	663054848	29,5296	9,5537	2,94052	1,14679	2739,5	597204	872
873	762129	665338617	29,5466	9,5574	2,94101	1,14548	2742,6	598575	873
874	763876	667627624	29,5635	9,5610	2,94151	1,14410	2745,8	599947	874
875	765625	669921875	29,5804	9,5647	2,94201	1,14286	2748,9	601320	875
876	767376	672221376	29,5973	9,5683	2,94250	1,14155	2752,0	602696	876
877	769129	674526133	29,6142	9,5719	2,94300	1,14025	2755,2	604073	877
878	770884	676836152	29,6311	9,5756	2,94349	1,13895	2758,3	605451	878
879	772641	679151439	29,6479	9,5792	2,94399	1,13766	2761,5	606831	879
880	774400	681472000	29,6648	9,5828	2,94448	1,13636	2764,6	608212	**880**

Таблицы степеней, корней, десятичных логарифмов, обратных величин, длин окружностей и площадей кругов.

Продолжение.

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\lg n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
880	774400	681472000	29,6648	9,5828	2,94448	1,13636	2764,6	608212	**880**
881	776161	683797841	29,6816	9,5865	2,94498	1,13507	2767,7	609595	881
882	777924	686128968	29,6985	9,5901	2,94547	1,13379	2770,9	610980	882
883	779689	688465387	27,7153	9,5937	2,94596	1,13250	2774,0	612366	883
884	781456	690807104	29,7321	9,5973	2,94645	1,13122	2777,2	613754	884
885	783225	693154125	29,7489	9,6010	2,94694	1,12994	2780,3	615143	885
886	784996	695506456	29,7658	9,6046	2,94743	1,12867	2783,5	616534	886
887	786769	697864103	29,7825	9,6082	2,94792	1,12740	2786,6	617927	887
888	788544	700227072	29,7993	9,6118	2,94841	1,12613	2789,7	619321	888
889	790321	702595369	29,8161	9,6154	2,94890	1,12486	2792,9	620717	889
890	792100	704969000	29,8329	9,6190	2,94939	1,12360	2796,0	622114	**890**
891	793881	707347971	29,8496	9,6226	2,94988	1,12233	2799,2	623513	891
892	795664	709732288	29,8664	9,6262	3,95036	1,12108	2802,3	624913	892
893	797449	712121957	29,8831	9,6298	2,95085	1,11982	2805,4	626315	893
894	799236	714516984	29,8998	9,6334	2,95134	1,11857	2808,6	627718	894
895	801025	7169[illegible]7375	29,9166	9,6370	2,95182	1,11732	2811,7	629124	895
896	802816	719323136	29,9333	9,6406	2,95231	1,11607	2814,9	630530	896
897	804609	721734273	29,9500	9,6442	2,95279	1,11483	2818,0	631938	897
898	806404	724150792	29,9666	9,6477	2,95328	1,11359	2821,2	633348	898
899	808201	726572699	29,9833	9,6513	2,95376	1,11235	2824,3	634760	899
900	810000	729000000	30,0000	9,6549	2,95424	1,11111	2827,4	636173	**900**
901	811801	731432701	30,0167	9,6585	2,95472	1,10988	2830,6	637587	901
902	813604	733870808	30,0333	9,6620	2,95521	1,10865	2833,7	639003	902
903	815409	736314327	30,0500	9,6656	2,95569	1,10742	2836,9	640421	903
904	817216	738763264	30,0666	9,6692	2,95617	1,10619	2840,0	641840	904
905	819025	741217625	30,0832	9,6727	2,95665	1,10497	2843,1	643261	905
906	820836	743677416	30,0998	9,6763	2,95713	1,10375	2846,3	644683	906
907	822649	746142643	30,1164	9,6799	2,95761	1,10254	2849,4	646107	907
908	824464	748613312	30,1330	9,6834	2,95809	1,10132	2852,6	647533	908
909	826281	751089429	30,1496	9,6870	2,95856	1,10011	2855,7	648960	909
910	828100	753571000	30,1662	9,6905	2,95904	1,09890	2858,8	650388	**910**
911	829921	756058031	30,1828	9,6941	2,95952	1,09796	2862,0	651818	911
912	831744	758550528	30,1993	9,6976	2,95999	1,09649	2865,1	653250	912
913	833569	761048497	30,2159	9,7012	2,96047	1,09529	2868,3	654684	913
914	835396	763551944	30,2324	9,7047	2,96095	1,09409	2871,4	656118	914
915	837225	766060875	30,2490	9,7082	2,96142	1,09290	2874,6	657555	915
916	839056	768575296	30,2655	9,7118	2,96190	1,09170	2877,7	658993	916
917	840889	771095213	30,2820	9,7153	2,96237	1,09051	2880,8	660433	917
918	842724	773620632	30,2985	9,7188	2,96284	1,08932	2884,0	661874	918
919	844561	776151559	30,3150	9,7224	2,96332	1,08814	2887,1	663317	919
920	846400	778688000	30,3315	9,7259	2,96379	1,08696	2890,3	664761	**920**

Продолжение.

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\lg n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
920	846400	778688000	30,3315	9,7259	2,96379	1,08696	2890,3	664761	**920**
921	848241	781229961	30,3480	9,7294	2,96426	1,08578	2893,4	666207	921
922	850084	783777448	30,3645	9,7329	2,96473	1,08460	2896,5	667654	922
923	851929	786330467	30,3809	9,7364	2,96520	1,08342	2899,7	669103	923
924	853776	788889024	30,3974	9,7400	2,96567	1,08225	2902,8	670554	924
925	855625	791453125	30,4138	9,7435	2,96614	1,08108	2906,0	672006	925
926	857476	794022776	30,4302	9,7470	2,96661	1,07991	2909,1	673460	926
927	859329	796597983	30,4467	9,7505	2,96708	1,07875	2912,3	674915	927
928	861184	799178752	30,4631	9,7540	2,96755	1,07759	2915,4	676372	928
929	863041	801765089	30,4795	9,7575	2,96802	1,07643	2918,5	677831	929
930	864900	804357000	30,4959	9,7610	2,96848	1,07527	2921,7	679291	**930**
931	866761	806954491	30,5123	9,7645	2,96895	1,07411	2924,8	680752	931
932	868624	809557568	30,5287	9,7680	2,96942	1,07296	2928,0	682216	932
933	870489	812166237	30,5450	9,7715	2,96988	1,07181	2931,1	683680	933
934	872356	814780504	30,5614	9,7750	2,97035	1,07066	2934,2	685147	934
935	874225	817400375	30,5778	9,7785	2,97081	1,06952	2937,4	686615	935
936	876096	820025856	30,5941	9,7819	2,97128	1,06838	2940,5	688084	936
937	877969	822656953	30,6105	9,7854	2,97174	1,06724	2943,7	689555	937
938	879844	825293672	30,6268	9,7889	2,97220	1,06610	2946,8	691028	938
939	881721	827936019	30,6431	9,7924	2,97267	1,06496	2950,0	892502	939
940	883600	830584000	30,6594	9,7959	2,97313	1,06383	2953,1	69397	**940**
941	885481	833237621	30,6757	9,7993	2,97359	1,06270	2956,2	695455	941
942	887364	835896888	30,6920	9,8028	2,97405	1,06157	2959,4	696934	942
943	889249	838561807	30,7083	9,8063	2,97451	1,06045	2962,5	698415	943
944	891136	841232384	30,7246	9,8097	2,97497	1,05932	2965,7	699897	944
945	893025	843908625	30,7409	9,8132	2,97543	1,05820	2968,8	701380	945
946	894916	846590536	30,7571	9,8167	2,97589	1,05708	2971,9	702865	946
947	896809	849278123	30,7734	9,8201	2,97635	1,05597	2975,1	704352	947
948	898704	851971392	30,7896	9,8236	2,97681	1,05485	2978,2	705840	948
949	900601	854670349	30,8058	9,8270	2,97727	1,05374	2981,4	707330	949
950	902500	857375000	30,8221	9,8305	2,97772	1,05263	2984,5	708822	**950**
951	904401	860085351	30,8383	9,8339	2,97818	1,05152	2987,7	710315	951
952	906304	862801408	30,8545	9,8374	2,97864	1,05042	2990,8	711809	952
953	908209	865523177	30,8707	9,8408	2,97909	1,04932	2993,9	713306	953
954	910116	868250664	30,8869	9,8443	2,97955	1,04822	2997,1	714803	954
955	912025	870983875	30,9031	9,8477	2,98000	1,04712	3000,2	716303	955
956	913936	873722816	30,9192	9,8511	2,98046	1,04603	3003,4	717804	956
957	915849	876467493	30,9354	9,8546	2,98091	1,04495	3006,5	719306	957
958	917764	879217912	30,9516	9,8580	2,98137	1,04384	3009,6	720810	958
959	919681	881974079	30,9677	9,8614	2,98182	1,04275	3012,8	722316	959
960	921600	884736000	30,9839	9,8648	2,98227	1,04167	3015,9	723823	**960**

Таблицы степеней, корней, десятичных логарифмов, обратных величин, длин окружностей и площадей кругов.

Продолжение.

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\lg n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
960	921600	884736000	30,9839	9,8648	2,98227	1,04167	3015,9	723823	**960**
961	923521	887503681	31,0000	9,8683	2,98272	1,04058	3019,1	725332	961
962	925444	890277128	31,0161	9,8717	2,98318	1,03950	3022,2	726842	962
963	927369	893056347	31,0322	9,8751	2,98363	1,03842	3025,4	727354	963
964	929296	895841344	31,0483	9,8785	2,98408	1,03734	3028,5	729867	964
965	931225	898632125	31,0644	9,8819	2,98453	1,03627	3031,6	731382	965
966	933156	901428696	31,0805	9,8854	2,98498	1,03520	3034,8	732899	966
967	935089	904231063	31,0966	9,8888	2,98543	1,03413	3037,9	734417	967
968	937024	907039232	31,1127	9,8922	2,98588	1,03306	3041,1	735937	968
969	938961	909853209	31,1288	9,8956	2,98632	1,03199	3044,2	737458	969
970	940900	912673000	31,1448	9,8990	2,98677	1,03093	3047,3	738981	**970**
971	942841	915498611	31,1609	9,9024	2,98722	1,02987	3050,5	740506	971
972	944784	918330048	31,1769	9,9058	2,98767	1,02881	3053,6	742032	972
973	946729	921167317	31,1929	9,9092	2,98811	1,02775	3056,8	743559	973
974	948676	924010424	31,2090	9,9126	2,98856	1,02669	3059,9	745088	974
975	950625	926859375	31,2250	9,9160	2,98900	1,02564	3063,1	746619	975
976	952576	929714176	31,2410	9,9194	2,98945	1,02459	3066,2	748151	976
977	954529	932574833	31,2570	9,9227	2,98989	1,02354	3069,3	749685	977
978	956484	935441352	31,2730	9,9261	2,99034	1,02249	3072,5	751221	978
979	958441	938313739	31,2890	9,9295	2,99078	1,02145	3075,1	752758	979
980	960100	941192000	31,3050	9,9329	2,99123	1,02041	3078,8	754296	**980**
981	962361	944076141	31,3209	9,9363	2,99167	1,01937	3081,9	755837	981
982	964324	946966168	31,3369	9,9396	2,99211	1,01833	3085,0	757378	982
983	966289	949862087	31,3528	9,9430	2,99255	1,01729	3088,2	758922	983
984	968256	952763904	31,3688	9,9464	2,99300	1,01626	3091,3	760466	984
985	970225	955671625	31,3847	9,9497	2,99344	1,01523	3094,5	762013	985
986	972196	958585256	31,4006	9,9531	2,99388	1,01420	3097,6	763561	986
987	974169	961504803	31,4166	9,9565	2,99432	1,01317	3100,8	765111	987
988	976144	964430272	31,4325	9,9598	2,99476	1,01215	3103,9	766662	988
989	978121	967361669	31,4484	9,9632	2,99520	1,01112	3107,0	768214	989
990	980100	970299000	31,4643	9,9666	2,99564	1,01010	3110,2	769769	**990**
991	982081	973242277	31,4802	9,9699	2,99607	1,00908	3113,3	771325	991
992	984064	976191488	31,4960	9,9733	2,99651	1,00806	3116,5	772882	992
993	986049	979146657	31,5119	9,9766	2,99695	1,00705	3119,6	774441	993
994	988036	982107784	31,5278	9,9800	2,99739	1,00604	3122,7	776002	994
995	990025	985074875	31,5436	9,9833	2,99782	1,00503	3125,9	777564	995
996	992016	988047936	31,5595	9,9866	2,99826	1,00402	3129,0	779128	996
997	994009	991026973	31,5753	9,9900	2,99870	1,00301	3132,2	780693	997
998	996004	994011992	31,5911	9,9933	2,99913	1,00200	3135,3	782260	998
999	998001	997002999	31,6070	9,9967	2,99957	1,00100	3138,5	783828	999

2. Простые числа и простые множители чисел.

Простые числа и простые множители чисел от 1 до 1000.

(1—200)

1		51	3×17	**101**		**151**	
2		52	$2^2\times13$	102	$2\times3\times17$	152	$2^3\times19$
3		**53**		103		153	$3^2\times17$
4	2^2	54	2×3^3	104	$2^3\times13$	154	$2\times7\times11$
5		55	5×11	105	$3\times5\times7$	155	5×31
6	2×3	56	$2^3\times7$	106	2×53	156	$2^2\times3\times13$
7		57	3×19	**107**		**157**	
8	2^3	58	2×29	108	$2^2\times3^3$	158	2×79
9	3^2	**59**		**109**		159	3×53
10	2×5	60	$2^2\times3\times5$	110	$2\times5\times11$	160	$2^5\times5$
11		**61**		111	3×37	161	7×23
12	$2^2\times3$	62	2×31	112	$2^4\times7$	162	2×3^4
13		63	$3^2\times7$	**113**		**163**	
14	2×7	64	2^6	114	$2\times3\times19$	164	$2^2\times41$
15	3×5	65	5×13	115	5×23	165	$3\times5\times11$
16	2^4	66	$2\times3\times11$	116	$2^2\times29$	166	2×83
17		**67**		117	$3^2\times13$	**167**	
18	2×3^2	68	$2^2\times17$	118	2×59	168	$2^3\times3\times7$
19		69	3×23	119	7×17	169	13^2
20	$2^2\times5$	70	$2\times5\times7$	120	$2^3\times3\times5$	170	$2\times5\times17$
21	3×7	**71**		121	11^2	171	$3^2\times19$
22	2×11	72	$2^3\times3^2$	122	2×61	172	$2^2\times43$
23		**73**		123	3×41	**173**	
24	$2^3\times3$	74	2×37	124	$2^2\times31$	174	$2\times3\times29$
25	5^2	75	3×5^2	125	5^3	175	$5^2\times7$
26	2×13	76	$2^2\times19$	126	$2\times3^2\times7$	176	$2^4\times11$
27	3^3	**77**	7×11	**127**		177	3×59
28	$2^2\times7$	78	$2\times3\times13$	128	2^7	178	2×89
29		**79**		129	3×43	**179**	
30	$2\times3\times5$	80	$2^4\times5$	130	$2\times5\times13$	180	$2^2\times3^2\times5$
31		81	3^4	**131**		**181**	
32	2^5	82	2×41	132	$2^2\times3\times11$	182	$2\times7\times13$
33	3×11	**83**		133	7×19	183	3×61
34	2×17	84	$2^2\times3\times7$	134	2×67	184	$2^3\times23$
35	5×7	85	5×17	135	$3^3\times5$	185	5×37
36	$2^2\times3^2$	86	2×43	136	$2^3\times17$	186	$2\times3\times31$
37		87	3×29	**137**		187	11×17
38	2×19	88	$2^3\times11$	138	$2\times3\times23$	188	$2^2\times47$
39	3×13	**89**		**139**		189	$3^3\times7$
40	$2^3\times5$	90	$2\times3^2\times5$	140	$2^2\times5\times7$	190	$2\times5\times19$
41		91	7×13	141	3×47	**191**	
42	$2\times3\times7$	92	$2^2\times23$	142	2×71	192	$2^6\times3$
43		93	3×31	143	11×13	**193**	
44	$2^2\times11$	94	2×47	144	$2^4\times3^2$	194	2×97
45	$3^2\times5$	95	5×19	145	5×29	195	$3\times5\times13$
46	2×23	96	$2^5\times3$	146	2×73	196	$2^2\times7^2$
47		**97**		147	3×7^2	**197**	
48	$2^4\times3$	98	2×7^2	148	$2^2\times37$	198	$2\times3^2\times11$
49	7^2	99	$3^2\times11$	**149**		**199**	
50	2×5^2	100	$2^2\times5^2$	150	$2\times3\times5^2$	200	$2^3\times5^2$

Простые числа и простые множители чисел от 1 до 1000.
(201—400)

201	3×67	**251**		301	7×43	351	$3^3\times13$
202	2×101	252	$2^2\times3^2\times7$	302	2×151	352	$2^5\times11$
203	7×29	253	11×23	303	3×101	**353**	
204	$2^2\times3\times17$	254	2×127	304	$2^4\times19$	354	$2\times3\times59$
205	5×41	255	$3\times5\times17$	305	5×61	355	5×71
206	2×103	256	2^8	306	$2\times3^2\times17$	356	$2^2\times89$
207	$3^2\times23$	**257**		**307**		357	$3\times7\times17$
208	$2^4\times13$	258	$2\times3\times43$	308	$2^2\times7\times11$	358	2×179
209	11×19	259	7×37	309	3×103	**359**	
210	$2\times3\times5\times7$	260	$2^2\times5\times13$	310	$2\times5\times31$	360	$2^3\times3^2\times5$
211		261	$3^2\times29$	**311**		361	19^2
212	$2^2\times53$	262	2×131	312	$2^3\times3\times13$	362	2×181
213	3×71	**263**		**313**		363	3×11^2
214	2×107	264	$2^3\times3\times11$	314	2×157	364	$2^2\times7\times13$
215	5×43	265	5×53	315	$3^2\times5\times7$	365	5×73
216	$2^3\times3^3$	266	$2\times7\times19$	316	$2^2\times79$	366	$2\times3\times61$
217	7×31	267	3×89	**317**		**367**	
218	2×109	268	$2^2\times67$	318	$2\times3\times53$	368	$2^4\times23$
219	3×73	**269**		319	11×29	369	$3^2\times41$
220	$2^2\times5\times11$	270	$2\times3^3\times5$	320	$2^6\times5$	370	$2\times5\times37$
221	13×17	**271**		321	3×107	371	7×53
222	$2\times3\times37$	272	$2^4\times17$	322	$2\times7\times23$	372	$2^2\times3\times31$
223		273	$3\times7\times13$	323	17×19	**373**	
224	$2^5\times7$	274	2×137	324	$2^2\times3^4$	374	$2\times11\times17$
225	$3^2\times5^2$	275	$5^2\times11$	325	$5^2\times13$	375	3×5^3
226	2×113	276	$2^2\times3\times23$	326	2×163	376	$2^3\times47$
227		**277**		327	3×109	377	13×29
228	$2^2\times4\times19$	278	2×139	328	$2^3\times41$	378	$2\times3^3\times7$
229		279	$3^2\times31$	329	7×47	**379**	
230	$2\times5\times23$	280	$2^3\times5\times7$	330	$2\times3\times5\times11$	380	$2^2\times5\times19$
231	$3\times7\times11$	**281**		**331**		381	3×127
232	$2^3\times29$	282	$2\times3\times47$	332	$2^2\times83$	382	2×191
233		**283**		333	$3^2\times37$	**383**	
234	$2\times3^2\times13$	284	$2^2\times71$	334	2×167	384	$2^7\times3$
235	5×47	285	$3\times5\times19$	335	5×67	385	$5\times7\times11$
236	$2^2\times59$	286	$2\times11\times13$	336	$2^4\times3\times7$	386	2×193
237	3×79	287	7×41	**337**		387	$3^2\times43$
238	$2\times7\times17$	288	$2^5\times3^2$	338	2×13^2	388	$2^2\times97$
239		289	17^2	339	3×113	**389**	
240	$2^4\times3\times5$	290	$2\times5\times29$	340	$2^2\times5\times17$	390	$2\times3\times5\times13$
241		291	3×97	341	11×31	391	17×23
242	2×11^2	292	$2^2\times73$	342	$2\times3^2\times19$	392	$2^3\times7^2$
243	3^5	**293**		343	7^3	393	3×131
244	$2^2\times61$	294	$2\times3\times7^2$	344	$2^3\times43$	394	2×197
245	5×7^2	295	5×59	345	$3\times5\times23$	395	5×79
246	$2\times3\times41$	296	$2^3\times37$	346	2×173	396	$2^2\times3^2\times11$
247	13×19	297	$3^3\times11$	**347**		**397**	
248	$2^3\times31$	298	2×149	348	$2^2\times3\times29$	398	2×199
249	3×83	299	13×23	**349**		399	$3\times7\times19$
250	2×5^3	300	$2^2\times3\times5^2$	350	$2\times5^2\times7$	400	$2^4\times5^2$

Простые числа и простые множители чисел от 1 до 1000.
(401—600)

401		451	11×41	501	3×167	551	19×29
402	$2\times3\times67$	452	$2^2\times113$	502	2×251	552	$2^3\times3\times23$
403	13×31	453	3×151	**503**		553	7×79
404	$2^2\times101$	454	2×227	504	$2^3\times3^2\times7$	554	2×277
405	$3^4\times5$	455	$5\times7\times13$	505	5×101	555	$3\times5\times37$
406	$2\times7\times29$	456	$2^3\times3\times19$	506	$2\times11\times23$	556	$2^2\times139$
407	11×37	**457**		507	3×13^2	**557**	
408	$2^3\times3\times17$	458	2×229	508	$2^2\times127$	558	$2\times3^2\times31$
409		459	$3^3\times17$	**509**		559	13×43
410	$2\times5\times41$	460	$2^2\times5\times23$	510	$2\times3\times5\times17$	560	$2^4\times5\times7$
411	3×137	**461**		511	7×73	561	$3\times11\times17$
412	$2^2\times103$	462	$2\times3\times7\times11$	512	2^9	562	2×281
413	7×59	**463**		513	$3^3\times19$	**563**	
414	$2\times3^2\times23$	464	$2^4\times29$	514	2×257	564	$2^2\times3\times47$
415	5×83	465	$3\times5\times31$	515	5×103	565	5×113
416	$2^5\times13$	466	2×233	516	$2^2\times3\times43$	566	2×283
417	3×139	**467**		517	11×47	567	$3^4\times7$
418	$2\times11\times19$	468	$2^2\times3^2\times13$	518	$2\times7\times37$	568	$2^3\times71$
419		469	7×67	519	3×173	**569**	
420	$2^2\times3\times5\times7$	470	$2\times5\times47$	520	$2^3\times5\times13$	570	$2\times3\times5\times19$
421		471	3×157	**521**		**571**	
422	2×211	472	$2^3\times59$	522	$2\times3^2\times29$	572	$2^2\times11\times13$
423	$3^2\times47$	473	11×43	**523**		573	3×191
424	$2^3\times53$	474	$2\times3\times79$	524	$2^2\times131$	574	$2\times7\times41$
425	$5^2\times17$	475	$5^2\times19$	525	$3\times5^2\times7$	575	$5^2\times23$
426	$2\times3\times71$	476	$2^2\times7\times17$	526	2×263	576	$2^6\times3^2$
427	7×61	477	$3^2\times53$	527	17×31	**577**	
428	$2^2\times107$	478	2×239	528	$2^4\times3\times11$	578	2×17^2
429	$3\times11\times13$	**479**		529	23^2	579	3×193
430	$2\times5\times43$	480	$2^5\times3\times5$	530	$2\times5\times53$	580	$2^2\times5\times29$
431		481	13×37	531	$3^2\times59$	581	7×83
432	$2^4\times3^3$	482	2×241	532	$2^2\times7\times19$	582	$2\times3\times97$
433		483	$3\times7\times23$	533	13×41	583	11×53
434	$2\times7\times31$	484	$2^2\times11^2$	534	$2\times3\times89$	584	$2^3\times73$
435	$3\times5\times29$	485	5×97	535	5×107	585	$3^2\times5\times13$
436	$2^2\times109$	486	2×3^5	536	$2^3\times67$	586	2×293
437	19×23	**487**		537	3×179	**587**	
438	$2\times3\times73$	488	$2^3\times61$	538	2×269	588	$2^2\times3\times7^2$
439		489	3×163	539	$7^2\times11$	589	19×31
440	$2^3\times5\times11$	490	$2\times5\times7^2$	540	$2^2\times3^3\times5$	590	$2\times5\times59$
441	$3^2\times7^2$	**491**		**541**		591	3×197
442	$2\times13\times17$	492	$2^2\times3\times41$	542	2×271	592	$2^4\times37$
443		493	17×29	543	3×181	**593**	
444	$2^2\times3\times37$	494	$2\times13\times19$	544	$2^5\times17$	594	$2\times3^3\times11$
445	5×89	495	$3^2\times5\times11$	545	5×109	595	$5\times7\times17$
446	2×223	496	$2^4\times31$	546	$2\times3\times7\times13$	596	$2^2\times149$
447	3×149	497	7×71	**547**		597	3×199
448	$2^6\times7$	498	$2\times3\times83$	548	$2^2\times137$	598	$2\times13\times23$
449		**499**		549	$3^2\times61$	**599**	
450	$2\times3^2\times5^2$	500	$2^2\times5^3$	550	$2\times5^2\times11$	600	$2^3\times3\times5^2$

Простые числа и простые множители чисел от 1 до 1000.
(601—800)

601		651	$3\times7\times31$	**701**		**751**	
602	$2\times7\times43$	652	$2^2\times163$	702	$2\times3^3\times13$	752	$2^4\times47$
603	$3^2\times67$	**653**		703	19×37	753	3×251
604	$2^2\times151$	654	$2\times3\times109$	704	$2^6\times11$	754	$2\times13\times29$
605	5×11^2	655	5×131	705	$3\times5\times47$	755	5×151
606	$2\times3\times101$	656	$2^4\times41$	706	2×353	756	$2^2\times3^3\times7$
607		657	$3^2\times73$	707	7×101	**757**	
608	$2^5\times19$	658	$2\times7\times47$	708	$2^2\times3\times59$	758	2×379
609	$3\times7\times29$	**659**		**709**		759	$3\times11\times23$
610	$2\times5\times61$	660	$2^2\times3\times5\times11$	710	$2\times5\times71$	760	$2^3\times5\times19$
611	13×47	**661**		711	$3^2\times79$	**761**	
612	$2^2\times3^2\times17$	662	2×331	712	$2^3\times89$	762	$2\times3\times127$
613		663	$3\times13\times17$	713	23×31	763	7×109
614	2×307	664	$2^3\times83$	714	$2\times3\times7\times17$	764	$2^2\times191$
615	$3\times5\times41$	665	$5\times7\times19$	715	$5\times11\times13$	765	$3^2\times5\times17$
616	$2^3\times7\times11$	666	$2\times3^2\times37$	716	$2^2\times179$	766	2×383
617		667	23×29	717	3×239	767	13×59
618	$2\times3\times103$	668	$2^2\times167$	718	2×359	768	$2^8\times3$
619		669	3×223	**719**		**769**	
620	$2^2\times5\times31$	670	$2\times5\times67$	720	$2^4\times3^2\times5$	770	$2\times5\times7\times11$
621	$3^3\times23$	671	11×61	721	7×103	771	3×257
622	2×311	672	$2^5\times3\times7$	722	2×19^2	772	$2^2\times193$
623	7×89	**673**		723	3×241	**773**	
624	$2^4\times3\times13$	674	2×337	724	$2^2\times181$	774	$2\times3^2\times43$
625	5^4	675	$3^3\times5^2$	725	$5^2\times29$	775	$5^2\times31$
626	2×313	676	$2^2\times13^2$	726	$2\times3\times11^2$	776	$2^3\times97$
627	$3\times11\times19$	**677**		**727**		777	$3\times7\times37$
628	$2^2\times157$	678	$2\times3\times113$	728	$2^3\times7\times13$	778	2×389
629	17×37	679	7×97	729	3^6	779	19×41
630	$2\times3^2\times5\times7$	680	$2^3\times5\times17$	730	$2\times5\times73$	780	$2^2\times3\times5\times13$
631		681	3×227	731	17×43	781	11×71
632	$2^3\times79$	682	$2\times11\times31$	732	$2^2\times2\times61$	782	$2\times17\times23$
633	3×211	**683**		**733**		783	$3^3\times29$
634	2×317	684	$2^2\times3^2\times19$	734	2×367	784	$2^4\times7^2$
635	5×127	685	5×137	735	$3\times5\times7^2$	785	5×157
636	$2^2\times3\times53$	686	2×7^3	736	$2^5\times23$	786	$2\times3\times131$
637	$7^2\times13$	687	3×229	737	11×67	**787**	
638	$2\times11\times29$	688	$2^4\times43$	738	$2\times3^2\times41$	788	$2^2\times197$
639	$3^2\times71$	689	13×53	**739**		789	3×263
640	$2^7\times5$	690	$2\times3\times5\times23$	740	$2^2\times5\times37$	790	$2\times5\times79$
641		**691**		741	$3\times13\times19$	791	7×113
642	$2\times3\times107$	692	$2^2\times173$	742	$2\times7\times53$	792	$2^2\times3^2\times11$
643		693	$3^2\times7\times11$	**743**		793	13×61
644	$2^2\times7\times23$	694	2×347	744	$2^3\times3\times31$	794	2×397
645	$3\times5\times43$	695	5×139	745	5×149	795	$3\times5\times53$
646	$2\times17\times19$	696	$2^3\times3\times29$	746	2×373	796	$2^2\times199$
647		697	17×41	747	$3^2\times83$	**797**	
648	$2^3\times3^4$	698	2×349	748	$2^4\times11\times17$	798	$2\times3\times7\times19$
649	11×59	699	3×233	749	7×107	799	17×47
650	$2\times5^2\times13$	700	$2^2\times5^2\times7$	750	$2\times3\times5^3$	800	$2^5\times5^2$

Простые числа и простые множители чисел от 1 до 1000.
(801—1000)

801	$3^2\times89$	851	23×37	901	17×53	951	3×317
802	2×401	852	$2^2\times3\times71$	902	$2\times11\times41$	952	$2^3\times7\times17$
803	11×73	853		903	$3\times7\times43$	953	
804	$2^2\times3\times67$	854	$2\times7\times61$	904	$2^3\times113$	954	$2\times3^2\times53$
805	$5\times7\times23$	855	$3^2\times5\times19$	905	5×181	955	5×191
806	$2\times13\times31$	856	$2^3\times107$	906	$2\times3\times151$	956	$2^2\times239$
807	3×269	857		907		957	$3\times11\times29$
808	$2^3\times101$	858	$2\times3\times11\times13$	908	$2^2\times227$	958	2×479
809		859		909	$3^2\times101$	959	7×137
810	$2\times3^4\times5$	860	$2^2\times5\times43$	910	$2\times5\times7\times13$	960	$2^6\times3\times5$
811		861	$3\times7\times41$	911		961	31^2
812	$2^2\times7\times29$	862	2×431	912	$2^4\times3\times19$	962	$2\times13\times37$
813	3×271	863		913	11×83	963	$3^2\times107$
814	$2\times11\times37$	864	$2^5\times3^3$	914	2×457	964	$2^2\times241$
815	5×163	865	5×173	915	$3\times5\times61$	965	5×193
816	$2^4\times3\times17$	866	2×433	916	$2^2\times229$	966	$2\times3\times7\times23$
817	19×43	867	3×17^2	917	7×131	967	
818	2×409	868	$2^2\times7\times31$	918	$2\times3^3\times17$	968	$2^3\times11^2$
819	$3^2\times7\times13$	869	11×79	919		969	$3\times17\times19$
820	$2^2\times5\times41$	870	$2\times3\times5\times29$	920	$2^3\times5\times23$	970	$2\times5\times97$
821		871	13×67	921	3×307	971	
822	$2\times3\times137$	872	$2^3\times109$	922	2×461	972	$2^2\times3^5$
823		873	$3^2\times97$	923	13×71	973	7×139
824	$2^3\times103$	874	$2\times19\times23$	924	$2^2\times3\times7\times11$	974	2×487
825	$3\times5^2\times11$	875	$5^3\times7$	925	$5^2\times37$	975	$3\times5^2\times13$
826	$2\times7\times59$	876	$2^2\times3\times73$	926	2×463	976	$2^4\times61$
827		877		927	$3^2\times103$	977	
828	$2^2\times3^2\times23$	878	2×439	928	$2^5\times29$	978	$2\times3\times163$
829		879	3×293	929		979	11×89
830	$2\times5\times83$	880	$2^4\times5\times11$	930	$2\times3\times5\times31$	980	$2^2\times5\times7^2$
831	3×277	881		931	$7^2\times19$	981	$3^2\times109$
832	$2^6\times13$	882	$2\times3^2\times7^2$	932	$2^2\times233$	982	2×491
833	$7^2\times17$	883		933	3×311	983	
834	$2\times3\times139$	884	$2^2\times13\times17$	934	2×467	984	$2^3\times3\times41$
835	5×167	885	$3\times5\times59$	935	$5\times11\times17$	985	5×197
836	$2^2\times11\times19$	886	2×443	936	$2^3\times3^2\times13$	986	$2\times17\times29$
837	$3^3\times31$	887		937		987	$3\times7\times47$
838	2×419	888	$2^3\times3\times37$	938	$2\times7\times67$	988	$2^2\times13\times19$
839		889	7×127	939	3×313	989	23×43
840	$2^3\times3\times5\times7$	890	$2\times5\times89$	940	$2^2\times5\times47$	990	$2\times3^2\times5\times11$
841	29^2	891	$3^4\times11$	941		991	
842	2×421	892	$2^2\times223$	942	$2\times3\times157$	992	$2^5\times31$
843	3×281	893	19×47	943	23×41	993	3×331
844	$2^2\times211$	894	$2\times3\times149$	944	$2^4\times59$	994	$2\times7\times71$
845	5×13^2	895	5×179	945	$3^3\times5\times7$	995	5×199
846	$2\times3^2\times47$	896	$2^7\times7$	946	$2\times11\times43$	996	$2^2\times3\times83$
847	7×11^2	897	$3\times13\times23$	947		997	
848	$2^4\times53$	898	2×449	948	$2^2\times3\times79$	998	2×499
849	3×283	899	29×31	949	13×73	999	$3^3\times37$
850	$2\times5^2\times17$	900	$2^2\times3^2\times5^2$	950	$2\times5^2\times19$	1000	$2^3\times5^3$

Простые числа и простые множители.

Множителями данного числа называются такие числа, которые, будучи умножены друг на друга, дают в *произведении данное число*. Например 2 и 6 являются множителями 12, 7 и 9 — 63 и т. д.

Простым числом называется такое число, которое делится только на себя и на 1. Таким образом 3, 5, 7 и т. д. являются простыми числами.

Простым множителем называется такой множитель, который одновременно является простым числом.

Приведенная в Справочнике таблица *простых чисел и простых множителей* указывает простые множители для любого числа от 1 до 1000, *из произведения которых* составляется данное число. Например, 534 (см. таблицу) составляется из произведения простых множителей 2, 3 и 89. Если для данного числа в графе простых множителей место оставлено свободным, то это значит, что данное число является простым числом, т. е. делится только на 1 и на самого себя.

Признаки делимости данного числа на множители.

На 2 делится без остатка любое число, если крайняя правая его цифра—четное число или 0. Например $14 = 2 \times 7$; $130 = 2 \times 65$ и т. д.

На 3 делится без остатка любое число, сумма цифр которого делится без остатка на 3. Например 1761 делится на 3, так как $1 + 7 + 6 + 1 = 15$, а $15 : 3 = 5$.

На 4 делится без остатка любое число, если число, составленное двумя его *последними цифрами, делится на 4*. Например 1224 делится на 4, так как $24 : 4 = 6$.

На 5 делится без остатка любое число, если последняя правая его цифра 5 или 0. Например $65 = 5 \times 13$; $80 = 5 \times 16$.

Таблица простых множителей в особенности пригодна для подсчета при подборе шестерен для токарных, фрезерных и пр. станков.

Пример применения *таблицы простых чисел для подсчета* зубчатых колес для нарезания резьбы на токарных станках.

Пусть нужно нарезать резьбу с шагом 0,35 *мм* на токарном станке с шагом ходового винта в 4 *мм*.

Применив правило подбора шестерен (см. главу о нарезании резьбы), находим, что:

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{0{,}35}{4} = \frac{35}{100} \cdot \frac{1}{4}.$$

Раскладывая при помощи таблицы числитель и знаменатель на простые множители, получим:

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{5 \times 7}{2^4 \times 5^2} = \frac{5}{16} \times \frac{7}{25} = \frac{20}{64} \times \frac{28}{100},$$

т. е. *ведущие колеса должны иметь* числа зубцов 20 и 28, а ведомые—64 и 100.

3. Часто встречающиеся числа.

π — отношение длины окружности к диаметру; g — ускорение силы тяжести (м/сек.²); e — основание натуральных логарифмов.

Величина	Значение	Величина	Значение	Величина	Значение
π	3,14159265	$\pi\sqrt{\pi}$	5,568328	$\sqrt{\frac{3}{\pi}}$	0,977205
$\pi\sqrt{2}$	4,44288	$\sqrt[3]{\pi}$	1,464592	$\sqrt{\frac{90}{\pi}}$	5,352372
$\frac{1}{2}\pi$	1,570796	$\sqrt[3]{2\pi}$	1,845261	$\sqrt[3]{\frac{1}{\pi}}$	0,682784
$\frac{1}{3}\pi$	1,047198	$\sqrt[3]{\frac{\pi}{2}}$	1,162447	$\sqrt[3]{\frac{2}{\pi}}$	0,860254
$\frac{1}{4}\pi$	0,783598	$\sqrt[3]{\pi^4}$	2,145029	$\sqrt[3]{\frac{3}{\pi}}$	0,984745
$\frac{1}{6}\pi$	0,523599	$\pi\sqrt[3]{\pi}$	4,601151	$\lg\pi$	0,49715
$\frac{1}{12}\pi$	0,261799	$\frac{1}{\pi}$	0,318310	$\lg\pi^2$	0,9943029
$\frac{1}{16}\pi$	0,196350	$\frac{16}{\pi}$	5,092958	$\lg\pi^3$	1,491450
$\frac{1}{32}\pi$	0,098175	$\frac{64}{\pi}$	20,371833	$\lg\sqrt{\pi}$	0,248575
$\frac{1}{64}\pi$	0,049087	$\frac{180}{\pi}$	57,295780	$\lg\sqrt[3]{\pi}$	0,165717
$\frac{1}{90}\pi$	0,034907	$\frac{1}{\pi^2}$	0,101321	g	9,81
$\frac{1}{180}\pi$	0,017453	$\frac{1}{\pi^3}$	0,032252	g^2	96,2361
$\frac{\pi}{\sqrt{2}}$	2,221442	$\frac{1}{\pi^4}$	0,010266	$\sqrt{g}$	3,132092
π^2	9,869604	$\frac{1}{\pi^5}$	0,003268	$\pi\sqrt{g}$	9,839757
$\frac{\pi^2}{4}$	2,467401	$\frac{1}{\pi^6}$	0,001040	$\sqrt{2g}$	4,429447
π^3	31,006277	$\sqrt{\frac{1}{\pi}}$	0,564190	$\pi\sqrt{2g}$	13,91536
π^4	97,409091	$\sqrt{\frac{2}{\pi}}$	0,797885	$1:g$	0,101936
π^5	306,019685			e	2,718281828
π^6	961,389194			e^2	7,389056
$\sqrt{\pi}$	1,772454			$\frac{1}{e}$	0,367879
$\sqrt{2\pi}$	2,506628			$\frac{1}{e^2}$	0,135335
$\sqrt{\frac{1}{2}\pi}$	1,253314			$\sqrt{e}$	1,648721
				$\sqrt[3]{e}$	1,395612

4. Греческий алфавит.

Буквы греческого алфавита очень часто применяются в математических формулах и в обозначениях геометрических размеров и физических величин. Например буквами греческого алфавита обычно обозначаются углы (резцов, геометрических фигур), напряжения материалов и пр. Ниже приведена таблица с указанием произношения греческих букв.

Большая буква	Малая буква	Название	Большая буква	Малая буква	Название
Α	α	Альфа	Ν	ν	Ню
Β	β	Бэта	Ξ	ξ	Кси
Γ	γ	Гамма	Ο	ο	Омикрон
Δ	δ	Дэльта	Π	π	Пи
Ε	ε	Эпсилон	Ρ	ρ	Ро
Ζ	ζ	Дзета	Σ	σ	Сигма
Η	η	Эта	Τ	τ	Тау
Θ	ϑ	Тэта	Υ	υ	Ипсилон
Ι	ι	Йота	Φ	φ	Фи
Κ	κ	Каппа	Χ	χ	Хи
Λ	λ	Ламбда	Ψ	ψ	Пси
Μ	μ	Мю	Ω	ω	Омега

2. АЛГЕБРА.

1. Терминология алгебраических вычислений.

Алгебраическое выражение	Название действия	Название частей
$a+b=c$	сложение	a и b — слагаемые; c — сумма
$a-b=c$	вычитание	a — уменьшаемое; b — вычитаемое; c — разность.
$a \cdot b=c$	умножение	a и b — множители; c — произведение.
$\frac{a}{b}=c$	деление	a — делимое (числитель); b — делитель (знаменатель); c — частное.
$a^b=c$	возвышение в степень	a — число, возводимое в степень; b — показатель степени; c — степень числа.
$\sqrt[b]{a}=c$	извлечение корня	a — подкоренная величина; b — показатель корня; c — корень из числа a.

2. Назначение формул (алгебраических выражений).

Формула представляет собою правило, выраженное вместо слов знаками и буквами. Поэтому формулой можно очень сжато выразить сущность сложного и длинного правила. Чтобы решить при помощи формул какую-либо определенную задачу, нужно находящиеся в формуле буквы заменить соответствующими цифрами.

Пример: Формула $v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$ выражает следующее правило: окружная скорость (v) в *м* в мин. равняется отношению длины окружности к диаметру (π), *умноженному на диаметр* (d) *в мм, умноженному* на число оборотов (n) в минуту и разделенному на тысячу.

Если $d = 50$ *мм*, а $n = 200$ об./мин., то

$$v = \frac{3{,}14 \cdot 50 \cdot 200}{1000} = 31{,}4 \text{ м/мин.}$$

3. Сложение алгебраических величин. [1])

$$ax + bx = (a + b)x.$$

Пример: $5x + 3x = (5 + 3)x = 8x$.

4. Вычитание алгебраических величин.

$$ax - bx = (a - b)x.$$

Пример: $5x - 3x = (5 - 3)x = 2x$.

5. Умножение алгебраических величин.

$$ax^2 \cdot bx = abx^3.$$

Пример: $5x^2 \cdot 4x = 20x^3$.

Правило знаков при умножении:

$$+ \cdot + = +; \; + \cdot - = -; \; - \cdot + = -; \; - \cdot - = +$$

Пример: $5x^2 \cdot (-2x) = -10x^3$.

Частные случаи умножения:

$$a \cdot 0 = 0; \; a \cdot \infty = \infty.$$

6. Деление алгебраических величин.

$$ax^2 : bx = \frac{ax^2}{bx} = \frac{a}{b} \cdot x.$$

Пример: $6x^2 : 3x = 2x$.

Правило знаков при делении:

$$\frac{+}{+} = +; \; \frac{+}{-} = -; \; \frac{-}{+} = -; \; \frac{-}{-} = +;$$

---

[1]) *Здесь и ниже в алгебраических формулах символы x (а также y) обозначают* переменные величины или искомые величины; символы a, b, c и т. д. обозначают постоянные величины.

Пример: $\frac{6x^2}{-3x} = -2x.$

Частные случаи деления:

$$\frac{0}{a} = 0;\ \frac{a}{0} = \infty;\ \frac{0}{0} = \text{неопределенность};\ \frac{a}{\infty} = 0.$$

7. Возвышение в степень.

$$a^n = \underbrace{a \cdot a \cdot a \ . \ . \ . \ . \ a}_{n}.$$

Пример: $a^4 = a \cdot a \cdot a \cdot a.$

Правило знаков при возвышении в степень:

$$(-a)^{2n} = a^{2n};\ (-a)^{2n+1} = -a^{2n+1}.$$

Пример: $(-2)^2 = 2^2 = 4;\ (-2)^3 = -2^3 = -8.$

Частные случаи возвышения в степень:

$a^0 = 1;\ 0^n = 0;\ 0^0 =$ неопред.; $0^\infty =$ неопред.; $\infty^0 =$ неопред.;
$1^\infty =$ *неопред.*; $\infty^\infty = \infty;\ a^\infty = 0$ *при* $a < 1;\ a^\infty = \infty$ *при* $a > 1;$

Действия со степенями:

$$a^m \cdot a^n = a^{m+n};\ (a^m)^n = a^{mn};\ a^m : a^n = a^{m-n};$$

$$a^m \cdot b^m = (ab)^m;\ a^m : b^m = \left(\frac{a}{b}\right)^m;\ 1 : a^m = \left(\frac{1}{a}\right)^m = a^{-m}.$$

Пример: $2^5 \cdot 2^2 = 2^7 = 128;\ 2^6 : 2^2 = 2^3 = 8.$

8. Извлечение корня.

$$\sqrt[n]{a} = a^{\frac{1}{n}}.$$

Пример: $\sqrt[3]{5} = 5^{\frac{1}{3}}.$

Правило знаков при извлечении корня:

$$\sqrt[2n]{a} = \pm a^{\frac{1}{2n}};\ \sqrt[2n]{-a} = \text{мнимость}.$$

$$\sqrt[2n+1]{a} = a^{\frac{1}{2n+1}}.\quad \sqrt[2n+1]{-a} = -a^{\frac{1}{2n+1}} = -\sqrt[2n+1]{a}.$$

Пример: $\sqrt[6]{-5} = -5^{\frac{1}{6}}.$

Частные случаи извлечения корней:

$$\sqrt[0]{a}=\infty \text{ при } a>1 \text{ и } \sqrt[0]{a}=0 \text{ при } a<1;\quad \sqrt[a]{0}=0;$$

$$\sqrt[0]{0}=\text{неопред.};\ \sqrt[\infty]{a}=1;\ \sqrt[a]{\infty}=\infty;\ \sqrt[\infty]{0}=\text{неопред.}$$

$$\sqrt[0]{\infty}=\infty;\ \sqrt[0]{1}=\text{неопред.};\ \sqrt[\infty]{1}=1.$$

Действия с корнями:

$$\left(\sqrt[m]{a}\right)^m=a;\ \sqrt[m]{a\cdot b}=\sqrt[m]{a}\cdot\sqrt[m]{b};\ \sqrt[m]{a:b}=\sqrt[m]{a}:\sqrt[m]{b};$$

$$\sqrt[m]{\frac{1}{a}}=\frac{1}{\sqrt[m]{a}}=a^{-\frac{1}{m}};\ \sqrt[m]{a^n}=\left(\sqrt[m]{a}\right)^n=a^{\frac{n}{m}};$$

$$\sqrt[m]{\sqrt[n]{a}}=\sqrt[mn]{a};\ \sqrt[m]{a^n}=\sqrt[mp]{a^{np}}=\sqrt[\frac{m}{q}]{a^{\frac{n}{q}}};\ \sqrt[-m]{a^n}=$$

$$=\sqrt[m]{a^{-n}};\ a\sqrt[m]{b}=\sqrt[m]{a^m\cdot b};\ \sqrt[m]{a}\sqrt[n]{a}=\sqrt[mn]{a^{m+n}}.$$

Примеры: $2\sqrt[3]{5}=\sqrt[3]{2^3\cdot 5}=\sqrt[3]{40};\ \sqrt[3]{2^6}=\sqrt{2^3}=$
$=\sqrt{8}.$

Извлечение квадратного корня из целых чисел производится следующим образом: число разбивают справа налево на группы по две цифры в каждой кроме крайней левой, в которой может оказаться и одна цифра. Чтобы найти первую цифру корня, извлекают корень из этой крайней левой группы Для получения второй цифры корня из крайней левой группы вычитают квадрат первой цифры корня и к остатку сносят следующую группу. Число десятков получившегося числа делят на удвоенную первую цифру корня; полученное целое число подвергают испытанию. Следующие цифры корня находятся тем же приемом.

Примеры: $\sqrt{9'51'10'56}=3084$ $\qquad$ $\sqrt{26'75}\approx 51{,}72$

$$\begin{array}{r|l} & 9 \\ \hline 608 & 5110 \\ 8 & 4864 \\ \hline 6164 & 24656 \\ 4 & 24656 \\ \hline & 0 \end{array} \qquad\qquad \begin{array}{r|l} & 25 \\ \hline 101 & 175 \\ 1 & 101 \\ \hline 1027 & 7400 \\ 7 & 7189 \\ \hline 10342 & 21100 \\ 2 & 20684 \\ \hline & 416 \end{array}$$

9. Раскрытие скобок.

При раскрытии скобок члены остаются с их знаками, если перед скобкой стоит знак +, и меняют знаки на обратные, если стоит знак —

$$c(ax+b)=cax+cb;\quad -c(ax-b)=-cax+cb.$$

Пример: $-3(2x-4)=-6x+12.$

10. Перенос членов из одной части равенства в другую.

При переносе членов из одной части равенства в другую знаки меняются на обратные.

$$ax^2+bx-c=0;\quad ax^2=-bx+c.$$

Пример: $5x^2=6x-3;\ 5x^2-6x+3=0.$

11. Часто встречающиеся формулы.

$$(a+b)^2=a^2+2ab+b^2;\quad (a-b)^2=a^2-2ab+b^2;$$

$$\sqrt{a}+\sqrt{b}=\sqrt{a+2\sqrt{ab}+b};\quad \sqrt{a}-\sqrt{b}=\sqrt{a-2\sqrt{ab}+b};$$

$$(a+b)^3=a^3+3a^2b+3b^2a+b^3;\quad (a-b)^3=a^3-3a^2b+3b^2a-b^3;$$

$$a^3+b^3=(a+b)(a^2-ab+b^2);\quad a^3-b^3=(a-b)(a^2+ab+b^2);$$

$$a^3+1=(a+1)(a^2-a+1);\quad a^3-1=(a-1)(a^2+a+1);$$

$$(a+b)(a-b)=a^2-b^2.$$

Примеры: $(3x+2)^2=9x^2+12x+4;\ (5x+2)(5x-2)=25x^2-4.$

12. Бином Ньютона.

$$(a\pm b)^n=a^n\pm na^{n-1}b+\frac{n(n-1)}{1\cdot 2}a^{n-2}b^2\pm$$
$$\pm\frac{n(n-1)(n-2)}{1\cdot 2\cdot 3}a^{n-3}b^3+\ldots$$

Этот ряд — конечный при n целом положительном, бесконечный при n дробном или отрицательном, причем сходящийся при $a>b$ [1])

Пример: $(2x+3)^5=32x^5+5\cdot 16x^4\cdot 3+\frac{5\cdot 4}{1\cdot 2}8x^3\cdot 9+\frac{5\cdot 4\cdot 3}{1\cdot 2\cdot 3}4x^2\cdot 27+$
$+\frac{5\cdot 4\cdot 3\cdot 2}{1\cdot 2\cdot 3\cdot 4}2x\cdot 81+\frac{5\cdot 4\cdot 3\cdot 2\cdot 1}{1\cdot 2\cdot 3\cdot 4\cdot 5}243=32x^5+240x^4+720x^3+1080x^2+$
$+810x+243.$

13. Уравнения.

1. Решение уравнений первой степени с одним неизвестным.

$$ax=b,\ \text{тогда}\ x=\frac{b}{a}.$$

---

[1]) Сходящимися рядами называются такие бесконечные ряды, сумма первых n членов которых стремится с возрастанием n к конечному и определенному пределу; в противном случае ряды называются расходящимися.

Если $a \neq 0$ и a и b одинаковых знаков, то x положительное.
Если же a и b разных знаков, то x отрицательное.
Если $b = 0$ и $a \neq 0$, то $x = 0$.
Если $a = 0$ и $b \neq 0$, то $x = \pm\infty$, если же a и b оба равны нулю, то x равно неопределенности.

2. Решение уравнений первой степени с двумя неизвестными.

$$ax + by = c,$$
$$a'x + b'y = c'.$$

a) Способ сложения или вычитания.

Если коэфициенты, стоящие при x и y, имеют одни и те же знаки в обоих уравнениях, то уравнения решаются способом вычитания одного уравнения из другого, причем предварительно первое уравнение умножается на коэфициент, стоящий при одном из неизвестных второго уравнения, а второе уравнение на коэфициент, стоящий при том же неизвестном в первом уравнении.

Если коэфициенты, хотя бы при одном неизвестном, имеют в первом и втором уравнении разные знаки, вместо вычитания уравнений производится их сложение.

Для нахождения x первое уравнение умножается на b', а второе на b, и из первого вычитается второе. Полученный результат решается относительно x.

$$\begin{array}{r|l} ax + by = c & b' \\ - \quad a'x + b'y = c' & b \\ \hline ab'x - a'bx = cb' - c'b & \end{array}$$

$$x = \frac{cb' - c'b}{ab' - a'b}.$$

Для нахождения y первое уравнение умножается на a', а второе на a и из второго вычитается первое; полученный результат решается относительно y.

$$\begin{array}{r|l} a'x + b'y = c' & a \\ - \quad ax + by = c & a' \\ \hline ab'y - a'by = ac' - a'c & \end{array}$$

$$y = \frac{ac' - a'c}{ab' - a'b}.$$

b) Способ подстановки.

Первое уравнение решается относительно одного из неизвестных например x:

$$ax + by = c, \quad x = \frac{c - by}{a}$$

Полученное выражение подставляется во второе уравнение:

$$a'\frac{c - by}{a} + b'y = c'.$$

Получилось уравнение с одним неизвестным, которое решается обычным путем:

$$y = \frac{ac' - a'c}{ab' - a'b};$$

x находится из первого уравнения после подстановки в него значения y:

$$ax + b\frac{ac' - a'c}{ab' - a'b} = c; \quad x = \frac{cb' - c'b}{ab' - a'b}.$$

3. Решение квадратных уравнений.

a) Неполные квадратные уравнения:

$$1.\ ax^2 + c = 0;\ x_1 = +\sqrt{-\frac{c}{a}};\ x_2 = -\sqrt{-\frac{c}{a}}.$$

Оба корня мнимые.

$$2.\ ax^2 - c = 0;\ x_1 = +\sqrt{\frac{c}{a}};\quad x_2 = -\sqrt{\frac{c}{a}};$$

$$3.\ ax^2 + bx = 0;\quad x_1 = 0;\ x_2 = -\frac{b}{a};$$

$$4.\ ax^2 = 0;\ x_1 = 0;\ x_2 = 0.$$

b) Полные квадратные уравнения типа: $x^2 + px + q = 0$;

$$x_1 = -\frac{p}{2} + \sqrt{\left(\frac{p}{2}\right)^2 - q};\qquad x_2 = -\frac{p}{2} - \sqrt{\left(\frac{p}{2}\right)^2 - q}.$$

Сумма корней $x_1 + x_2 = -p$; произведение корней $x_1 x_2 = q$.

Левую часть полного квадратного уравнения можно разложить на *множители* следующим образом:

$$x^2 + px + q = (x - x_1)\ (x - x_2).$$

c) Полные квадратные уравнения типа: $ax^2 + bx + c = 0$;

$$x = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a};\qquad x_2 = \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}.$$

Левую часть *уравнения можно разложить на множители* следующим образом:

$$ax^2 + bx + c = a(x - x_1)\ (x - x_2).$$

Если величина $b^2 - 4ac > 0$ — оба корня x_1 и x_2 вещественные
" " $b^2 - 4ac = 0$ — " " " " " равные
" " $b^2 - 4ac < 0$ — " " " " " мнимые.

4. Решение биквадратных уравнений.

$$ax^4 + bx^2 + c = 0.$$

$$x_1 = +\sqrt{\frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}};\qquad x_2 = -\sqrt{\frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}};$$

$$x_3 = +\sqrt{\frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}};\qquad x_4 = -\sqrt{\frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}}.$$

5. Решение уравнений третьей и четвертой степени специального вида.

1. $ax^3 + bx^2 + cx = 0$; или $x(ax^2 + bx + c) = 0$;

$$x_1 = 0;\quad x_2 = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a};\quad x_3 = \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}.$$

2. $x(dx + e)(ax^2 + bx + c) = 0$;

$$x_1 = 0;\quad x_2 = -\frac{e}{d};$$

$$x_3 = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a};\qquad x_4 = \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}.$$

14. Прогрессии.

1. Арифметической *прогрессией называется ряд чисел, у которого* каждый член равен предыдущему, плюс какое-нибудь постоянное число, называемое разностью прогрессии (d); это число d может быть положительным и *отрицательным*.

$$\div\ a_1,\ a_2,\ a_3, \ldots a_k,\ a_{k+1}, \ldots a_{n-2},\ a_{n-1},\ a_n$$

$$\div\ a_1,\ a_1 + d,\ a_1 + 2d, \ldots a_1 + (k-1)d,\ a_1 + kd, \ldots a_1 + (n-3)d,\ a_1 + (n-2)d,\ a_1 + (n-1)d.$$

Прогрессия бывает возрастающей или убывающей — в зависимости от того, возрастают или убывают ее члены.

Любой член арифметической прогрессии (a_k), начиная со второго, равняется: $a_k = a_1 + d(k-1)$, где a_1 — первый член прогрессии, d — разность прогрессии, а k — порядковый номер искомого числа.

Пример: Найти 11-й член прогрессии $\div 40,\ 45,\ 50 \ldots a_{11} = 40 + 5 \cdot 10 = 90$.

Сумма двух членов арифметической прогрессии, равно отстоящих от концов ее, равна сумме крайних членов: $a_3 + a_{n-2} = a_1 + a_n$.

Сумма всех членов прогрессии $S = \frac{(a_1 + a_n)n}{2} = \frac{(2a_1 + d(n-1))n}{2}$,

где, a_1 — *первый член прогрессии*, a_n — последний член прогрессии, n — порядковый номер последнего члена прогрессии, d — разность прогрессии.

Пример: дана прогрессия $\div 3,\ 5,\ 7,\ 9,\ 11,\ 13,\ 15$; найти сумму ее членов:

$$S = \frac{(3 + 15)7}{2} = 63.$$

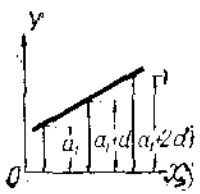


Рис. 1.

Арифметическая прогрессия возрастает по закону *прямой* (*рис.* 1).

2. Геометрической прогрессией называется ряд чисел, у которого каждый член равен предыдущему, умноженному на какое-нибудь постоянное число, называемое знаменателем прогрессии.

$$\div\ a_1,\ a_2,\ a_3,\ a_4 \ldots a_k,\ a_{k+1} \ldots a_{n-2},\ a_{n-1},\ a_n.$$

$$\div\ a_1,\ a_1q,\ a_1q^2,\ a_1q^3 \ldots a_1q^{k-1},\ a_1q^k, \ldots a_1q^{n-3},\ a_1q^{n-2},\ a_1q^{n-1}.$$

Прогрессия бывает возрастающей или убывающей, в зависимости от того, увеличивается или уменьшается абсолютная величина ее членов.

Любой член геометрической прогрессии (a_k), начиная со второго, равняется:

$$a_k = a_1 q^{k-1}$$

где a_1 — первый член прогрессии, q — знаменатель прогрессии, и k — порядковый номер искомого члена.

Пример: Найти 7-й член прогрессии ∺ 2, 6, 18, 54 . . . $a_7 = 2 \cdot 3^6 = 1458$.

Сумма всех членов возрастающей прогрессии:

$$S = \frac{a_n q - a_1}{q - 1} = \frac{a_1(q^n - 1)}{q - 1},$$

сумма всех членов убывающей прогрессии:

$$S = \frac{a_1 - a_n q}{1 - q} = \frac{a_1(1 - q^n)}{1 - q},$$

где a_1 — первый член прогрессии, q — знаменатель прогрессия, a_n — последний член прогрессии и n — порядковый номер последнего члена прогрессии.

Пример: Дана прогрессия ∺ 3, 6, 12, 24, 48, 96. Найти сумму ее членов:

$$S = \frac{3(2^6 - 1)}{2 - 1} = 189.$$

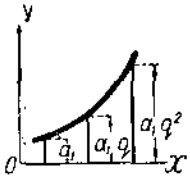


Рис 2.

Геометрическая прогрессия возрастает по закону кривой вида, изображенного на рис. 2.

3. Бесконечной геометрической прогрессией называется такая прогрессия, у которой ряд чисел продолжен без конца. Абсолютная величина членов бесконечной возрастающей (убывающей) геометрической прогрессии, при достаточном удалении их от начала ряда, может сделаться больше (меньше) любого данного числа.

Предел суммы всех членов убывающей геометрической прогрессии равен

$$S = \frac{a_1}{1 - q},$$

где a_1 — первый член прогрессии, а q — знаменатель прогрессии.

15. Логарифмы.

Назначение логарифмов. Логарифмы применяются для замены сложных математических действий более простыми (например: возвышение в степень при помощи логарифмов приводится к умножению, *извлечение корня — к делению, и т. д.*).

Таким образом применение логарифмов позволяет во многих случаях сокращать вычислительную работу.

Терминология. Если $a^b = c$, то $b = \log_a c$. Таким образом, логарифм b — есть степень, в которую нужно возвести число a, чтобы получить число c; a — называется основанием логарифма. Логарифмы, употребляемые обычно в вычислениях, называются **десятичными** или **Бриговыми** и имеют основание $a = 10$.

Таким образом, при десятичных логарифмах, логарифм какого-нибудь числа представляет собою степень, в которую нужно возвести число 10; например, $\log_{10} 100 = 2$, так как $10^2 = 100$ (для краткости $\log_{10} c$ обозначается $\lg c$).

При основании $a = e = 2{,}718281828459045\ldots$ логарифмы называются **натуральными** или **Неперовыми**; они употребляются в высшей математике и теоретических вычислениях (для краткости $\log_e c$ обозначается $\ln c$).

Между натуральными и десятичными логарифмами существуют следующие зависимости:

$$\ln x = \ln 10 \cdot \lg x = 2{,}302585\ \lg x$$
$$\lg x = \lg e \cdot \ln x = 0{,}434294\ \ln x$$
$$\ln 10 \cdot \lg e = 1.$$

Логарифмирование, то есть отыскание логарифма данного числа. Логарифм состоит из целой части, стоящей левее запятой и называемой характеристикой, и дробной части, стоящей правее запятой и называемой мантиссой (целыми числами будут логарифмы только следующих чисел: $\lg 1 = 0$; $\lg 10 = 1$; $\lg 100 = 2$ и т. д.; $\lg 0{,}1 = -1$; $\lg 0{,}01 = -2$ и т. д.).

Мантисса находится по таблицам логарифмов, а характеристика определяется в зависимости от количества цифр целой части числа, логарифм которого разыскивается, или в зависимости от положения запятой в случае десятичной дроби, как указано в табл. 1.

В шестом столбце таблиц, помещенных на стр. 14—38, указаны десятичные логарифмы целых чисел от 1 до 1000.

Таблица 1.

Число	Логарифм числа
4 -значное	3, мантисса
3 - „ -	2, „
2 - „ -	1, „
1 - „ -	0, „
0, ...	0, „ — 1
0,0	0, „ — 2
0,00	0, „ — 3

Таким образом логарифмы целых чисел не выше трехзначных разыскиваются непосредственно по таблицам стр. 14—38; для того же, чтобы разыскать логарифм десятичной дроби или числа, имеющего на конце несколько нулей, отбрасывают запятую и нули справа и слева и, обратив его в целое трехзначное число, ищут по таблицам (стр.) его логарифм, из которого берут только мантиссу, характеристику же определяют по правилу, указанному в табл. 1.

Пример: Нужно найти логарифмы чисел, помещенных в левом столбце табл. 2. Мантисса у них будет одна и та же, потому что, отбросив запятую и нули справа и слева у всех этих чисел, получим одно и то же число 758. Мантисса находится на стр. 32 и будет равна 87967. Характеристика для каждого числа определяется на основании правила, указанного в табл. 1.

Если число после отбрасывания запятой и нулей окажется более трехзначного, его можно найти приближенно, отбрасывая при разыскании мантиссы все цифры, кроме первых трех.

Пример: *Найти приближенно lg 40,536. По стр. 24 находится ман-*

тисса логарифма числа 405 — она равняется 60746; характеристика (табл. 1) равняется 1. Следовательно $\lg 40{,}536 \approx 1{,}60746$.

Таблица 2.

Число	Логарифм числа
7580	3,87967
758	2,87967
75,8	1,87967
7,58	0,87967
0,758	0,87967—1
0,0758	0,87967—2
0,00758	0,87967—3

Если требуется найти точную величину логарифм пользуются специальными таблицами логарифмов или находят его по таблицам, приведенным на стр. 62—84, прибегая к способу интерполяции. Способ интерполяции может быть понят из ниже приводимого примера.

Пример: $\lg 40{,}536 = ?$ Ищется логарифм числа 405. Мантисса этого логарифма равна 60746. Мантисса логарифма последующего числа равна 60853; разность мантисс равняется 107. От деления 107 на 100 и умножения на 36 получится величина, которую надо прибавить к мантиссе числа 405, чтобы получить мантиссу числа 40536. Характеристика равна единице. Следовательно, $\lg 40{,}536 = 1{,}60784$.

Отыскание числа по данному логарифму. По мантиссе логарифма ищется число (стр. 62—84). Количество цифр и положение запятой определяется по правилу, указанному в табл. 1.

Пример: $\lg 3{,}23805 = ?$ По мантиссе на стр. 18 находим число 173. Так как характеристика равна 3, то на основании табл. 1 число должно быть четырехзначным. Следовательно $\lg 3{,}23805 = 1730$.

Из определения логарифмов следует:

$$\lg 1 = 0 \qquad \ln 1 = 0$$
$$\lg 0 = -\infty \qquad \ln 0 = -\infty$$
$$\lg \infty = \infty \qquad \ln \infty = \infty$$
$$\lg 10 = 1 \qquad \ln e = 1.$$

Натуральные и десятичные логарифмы отрицательных чисел — мнимы.

Вычисления с логарифмами. 1. Логарифм произведения двух чисел равен сумме их логарифмов, следовательно действие умножение приводится к сложению.

$$\lg (A \cdot B) = \lg A + \lg B.$$

Пример: $N = 353 \cdot 0{,}0837 = ?$ $\lg N = \lg 353 + \lg 0{,}0837 = 2{,}5478 + 0{,}9227 - 2 = 1{,}4705$; $N = 29{,}55$.

2. Логарифм частного двух чисел равен разности логарифмов делимого и делителя; следовательно, действие деления приводится к вычитанию.

$$\lg \frac{A}{B} = \lg A - \lg B.$$

Пример: $N = 353 : 0{,}0837 = ?$ $\lg N = \lg 353 - \lg 0{,}0837 = 2{,}5478 - (0{,}9227 - 2) = 3{,}6251$; $N = 4220$.

3. *Логарифм числа, возведенного в степень, равняется произведению* логарифма данного числа на показатель степени: следовательно, действие возвышение в степень приводится к умножению.

$$\lg A^c = c \lg A.$$

Пример: $N = 0{,}837 = ?$ $\lg N = 5 \lg 0{,}837 = 5\,(0{,}9227 - 1) = 4{,}6135 - 5 = 0{,}6135 - 1$; $N = 0{,}411$.

4. Логарифм корня из данного числа равняется логарифму этого числа, делённому на показатель степени корня; следовательно, действие извлечение корня приводится к делению:

$$\lg \sqrt[c]{A} = \frac{1}{c} \lg A.$$

Пример: $N = \sqrt[52]{74{,}5} = ?$ $\lg N = \frac{1}{52} \lg 74{,}5 = \frac{1}{52} 1{,}8722 = 0{,}0360$; $N = 1{,}086$.

3. ТРИГОНОМЕТРИЯ.

1. Назначение и терминология.

Тригонометрия служит для решения различных геометрических задач и в первую очередь для решения треугольников. В отличие от геометрии, имеющей во многом аналогичные цели и решающей задачи графическим путём, тригонометрия решает задачи аналитически — при помощи тригонометрических величин — отношений сторон треугольников, определяющих соответствующие углы. Основными тригонометрическими величинами, отнесенными к прямоугольному треугольнику (рис. 3), являются:

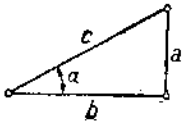


Рис. 3.

Синус (sin) — отношение катета противолежащего заданному углу α к гипотенузе $\left(\sin \alpha = \frac{a}{c}\right)$.

Косинус (cos) — отношение катета прилежащего к гипотенузе $\left(\cos \alpha = \frac{b}{c}\right)$.

Тангенс (tg) — отношение катета противолежащего к прилежащему $\left(\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b}\right)$.

Котангенс (ctg) — отношение катета прилежащего к противолежащему $\left(\operatorname{ctg} \alpha = \frac{b}{a}\right)$.

Рис. 4.

Зная отношение соответствующих сторон треугольника, можно определить по тригонометрическим таблицам (стр. 62—84) величину угла, или, наоборот, зная величину угла и одну из сторон, можно определить по таблицам одну из тригонометрических величин для данного угла (т. е. синус, косинус и т. п.), а по ней — другие стороны треугольника.

Пример: Найти высоту нарезки до острого края метрической резьбы с шагом $s = 0{,}75$ *мм*.

Строим вспомогательный треугольник ABC (рис. 4). Величина угла $\alpha = 30°$ (так как у резьбы метрической угол при вершине нарезки $= 60°$), длина стороны $a = \frac{s}{2} = \frac{0{,}75}{2} = 0{,}375$ *мм*.

$a : b = \operatorname{tg} \alpha$; $b = \frac{a}{\operatorname{tg} \alpha}$. На стр. 77 находим, что $\operatorname{tg} 30^\circ = 0{,}57735$.

Значит, глубина нарезки $b = \frac{0{,}375}{0{,}57735} = 0{,}648$ *мм*.

2. Зависимости между тригонометрическими функциями.

Тригонометрические функции удобно представить графически на чертеже круга (рис. 5), так как радиус круга можно принять за одну из сторон треугольника и по отношению к ней и к углу, образованному его направлением и осью координат,

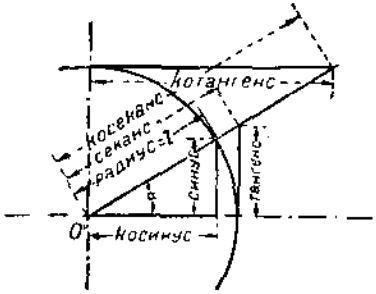


Рис. 5.

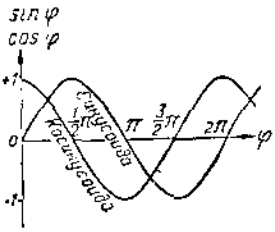
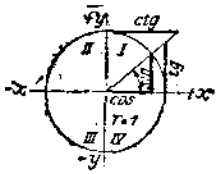


Рис. 6.

определять другие функции.[1]) Если за масштаб построения чертежа принять величину радиуса и приравнять ее единице, то величина тригонометрических функций определится длиной соответствующих отрезков,

Таблица 1.

Знаки тригонометрических функций.



Номер квадранта круга	sin	cos	tg	ctg
I	+	+	+	+
II	+	—	—	—
III	—	—	+	+
IV	—	+	—	—

указанных на рис. 5. В зависимости от расположения угла в одном из четырех квадрантов круга определяется их знак (см. табл. 1). Величина функций для разных углов определяется по таблицам (стр. 62—84); для наиболее часто встречающихся углов величина функций указана в табл. 2. Если откладывать графически по оси ординат значения функций, а по оси абсцисс — углы, то можно получить графическое изображение тригонометрических функций; на рис. 6 изображены построенные таким образом синусоида (графически выраженный закон изменения величины синуса) и косинусоида (то же для косинуса). Ниже в таблице 3 приведены значения тригонометрических функций для дополнительных углов.

[1]) Поэтому тригонометрические функции (синус, косинус, и т. п.) называются также круговыми функциями.

Таблица 2.

Часто встречающиеся значения функций.

Название функции	0 и 360°	30°	45°	60°	90°	180°	270°
sin	0	$\frac{1}{2}=0,5$	$\frac{1}{2}\sqrt{2}=0,707$	$\frac{1}{2}\sqrt{3}=0,866$	$+1$	0	-1
cos	$+1$	$\frac{1}{2}\sqrt{3}=0,866$	$\frac{1}{2}\sqrt{2}=0,707$	$\frac{1}{2}=0,5$	0	-1	0
tg	0	$\frac{1}{3}\sqrt{3}=0,577$	1	$\sqrt{3}=1,732$	$\pm\infty$	0	$\pm\infty$
ctg	$\pm\infty$	$\sqrt{3}=1,732$	1	$\frac{1}{3}\sqrt{3}=0,577$	0	$\pm\infty$	0

Таблица 3.

Значения тригонометрических величин для дополнительных углов.

Название функций	$-\alpha$	$90^\circ \pm \alpha$	$180^\circ \pm \alpha$	$270^\circ \pm \alpha$	$360^\circ \pm \alpha$
sin	$-\sin\alpha$	$+\cos\alpha$	$\mp\sin\alpha$	$-\cos\alpha$	$\sin(\pm\alpha)$
cos	$+\cos\alpha$	$\mp\sin\alpha$	$-\cos\alpha$	$\pm\sin\alpha$	$\cos(\pm\alpha)$
tg	$-\operatorname{tg}\alpha$	$\mp\operatorname{ctg}\alpha$	$\pm\operatorname{tg}\alpha$	$\mp\operatorname{ctg}\alpha$	$\operatorname{tg}(\pm\alpha)$
ctg	$-\operatorname{ctg}\alpha$	$\mp\operatorname{tg}\alpha$	$\pm\operatorname{ctg}\alpha$	$\mp\operatorname{tg}\alpha$	$\operatorname{ctg}(\pm\alpha)$

Таблица 4.

Зависимости между функциями.

Название функций	$\sin\alpha$	$\cos\alpha$	$\operatorname{tg}\alpha$	$\operatorname{ctg}\alpha$
$\sin\alpha$		$\sqrt{1-\cos^2\alpha}$	$\frac{\operatorname{tg}\alpha}{\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\alpha}}$	$\frac{1}{\sqrt{1+\operatorname{ctg}^2\alpha}}$
$\cos\alpha$	$\sqrt{1-\sin^2\alpha}$		$\frac{1}{\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\alpha}}$	$\frac{\operatorname{ctg}\alpha}{\sqrt{1+\operatorname{ctg}^2\alpha}}$
$\operatorname{tg}\alpha$	$\frac{\sin\alpha}{\sqrt{1-\sin^2\alpha}}$	$\frac{\sqrt{1-\cos^2\alpha}}{\cos\alpha}$		$\frac{1}{\operatorname{ctg}\alpha}$
$\operatorname{ctg}\alpha$	$\frac{\sqrt{1-\sin^2\alpha}}{\sin\alpha}$	$\frac{\cos\alpha}{\sqrt{1-\cos^2\alpha}}$	$\frac{1}{\operatorname{tg}\alpha}$	

$\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha}=\operatorname{tg}\alpha.$ $\frac{\cos\alpha}{\sin\alpha}=\operatorname{ctg}\alpha.$

Формулы для двойного угла и половины угла.

1. $\sin 2\alpha = 2\sin\alpha\cdot\cos\alpha$
2. $\cos 2\alpha = \cos^2\alpha - \sin^2\alpha = 1 - 2\sin^2\alpha = 2\cos^2\alpha - 1$
3. $\operatorname{tg} 2\alpha = \dfrac{2\operatorname{tg}\alpha}{1-\operatorname{tg}^2\alpha} = \dfrac{2}{\operatorname{ctg}\alpha - \operatorname{tg}\alpha}$
4. $\operatorname{ctg} 2\alpha = \dfrac{\operatorname{ctg}^2\alpha - 1}{2\operatorname{ctg}\alpha} = \dfrac{1}{2}(\operatorname{ctg}\alpha - \operatorname{tg}\alpha)$
5. $\sin\dfrac{\alpha}{2} = \sqrt{\dfrac{1}{2}(1-\cos\alpha)} = \dfrac{1}{2}(\sqrt{1+\sin\alpha} - \sqrt{1-\sin\alpha})$
6. $\cos\dfrac{\alpha}{2} = \sqrt{\dfrac{1}{2}(1+\cos\alpha)} = \dfrac{1}{2}(\sqrt{1+\sin\alpha} + \sqrt{1-\sin\alpha})$
7. $\operatorname{tg}\dfrac{\alpha}{2} = \dfrac{\sin\alpha}{1+\cos\alpha} = \dfrac{1-\cos\alpha}{\sin\alpha} = \sqrt{(1-\cos\alpha):(1+\cos\alpha)}$
8. $\operatorname{ctg}\dfrac{\alpha}{2} = \dfrac{\sin\alpha}{1-\cos\alpha} = \dfrac{1+\cos\alpha}{\sin\alpha} = \sqrt{(1+\cos\alpha):(1-\cos\alpha)}$
9. $2\sin\dfrac{\alpha}{2}\cdot\cos\dfrac{\alpha}{2} = \sin\alpha.$

Степени синуса и косинуса.

1. $2\sin^2\alpha = 1 - \cos 2\alpha$
2. $2\cos^2\alpha = 1 + \cos 2\alpha$
3. $2\sin^2\dfrac{\alpha}{2} = 1 - \cos\alpha$
4. $2\cos^2\dfrac{\alpha}{2} = 1 + \cos\alpha$
5. $4\sin^3\alpha = 3\sin\alpha - \sin 3\alpha$
6. $4\cos^3\alpha = 3\cos\alpha + \cos 3\alpha.$

Функции двух углов.

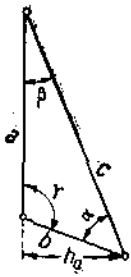
1. $\sin(\alpha\pm\beta) = \sin\alpha\cdot\cos\beta \pm \cos\alpha\cdot\sin\beta$
2. $\cos(\alpha\pm\beta) = \cos\alpha\cdot\cos\beta \pm \sin\alpha\cdot\sin\beta$
3. $\operatorname{tg}(\alpha\pm\beta) = (\operatorname{tg}\alpha \pm \operatorname{tg}\beta):(1\pm\operatorname{tg}\alpha\cdot\operatorname{tg}\beta)$
4. $\operatorname{ctg}(\alpha\pm\beta) = (\operatorname{ctg}\alpha\cdot\operatorname{ctg}\beta \pm 1):(\operatorname{ctg}\beta\pm\operatorname{ctg}\alpha)$
5. $\sin\alpha + \sin\beta = 2\sin\dfrac{\alpha+\beta}{2}\cdot\cos\dfrac{\alpha-\beta}{2}$
6. $\sin\alpha - \sin\beta = 2\cos\dfrac{\alpha+\beta}{2}\cdot\sin\dfrac{\alpha-\beta}{2}$
7. $\cos\alpha + \cos\beta = 2\cos\dfrac{\alpha+\beta}{2}\cdot\cos\dfrac{\alpha-\beta}{2}$
8. $\cos\alpha - \cos\beta = -2\sin\dfrac{\alpha+\beta}{2}\cdot\sin\dfrac{\alpha-\beta}{2}$
9. $\operatorname{tg}\alpha\pm\operatorname{tg}\beta = \dfrac{\sin(\alpha\pm\beta)}{\cos\alpha\cdot\cos\beta}$
10. $\operatorname{ctg}\alpha\pm\operatorname{ctg}\beta = \dfrac{\sin(\beta\pm\alpha)}{\sin\alpha\cdot\sin\beta}$
11. $\sin^2\alpha - \sin^2\beta = \cos^2\beta - \cos^2\alpha = \sin(\alpha+\beta)\cdot\sin(\alpha-\beta)$
12. $\cos^2\alpha - \sin^2\beta = \cos^2\beta - \sin^2\alpha = \cos(\alpha+\beta)\cdot\cos(\alpha-\beta)$
13. $\sin\alpha\cdot\sin\beta = \dfrac{1}{2}[\cos(\alpha-\beta) - \cos(\alpha+\beta)]$
14. $\cos\alpha\cdot\cos\beta = \dfrac{1}{2}[\cos(\alpha-\beta) + \cos(\alpha+\beta)]$

15. $\sin\alpha\cdot\cos\beta=\frac{1}{2}[\sin(\alpha+\beta)+\sin(\alpha-\beta)]$

16. $\operatorname{tg}\alpha\cdot\operatorname{tg}\beta=\frac{\operatorname{tg}\alpha+\operatorname{tg}\beta}{\operatorname{ctg}\alpha+\operatorname{ctg}\beta}$ 17. $\operatorname{ctg}\alpha\cdot\operatorname{ctg}\beta=\frac{\operatorname{ctg}\alpha+\operatorname{ctg}\beta}{\operatorname{tg}\alpha+\operatorname{tg}\beta}$.

Соотношения между углами в треугольнике.

$\alpha+\beta+\gamma=180^\circ$ (см. также стр. 85–87).



1. $\sin\alpha+\sin\beta+\sin\gamma=4\cos\frac{\alpha}{2}\cdot\cos\frac{\beta}{2}\cdot\cos\frac{\gamma}{2}$
2. $\cos\alpha+\cos\beta+\cos\gamma=4\sin\frac{\alpha}{2}\cdot\sin\frac{\beta}{2}\cdot\sin\frac{\gamma}{2}+1$
3. $\sin\alpha+\sin\beta-\sin\gamma=4\sin\frac{\alpha}{2}\cdot\sin\frac{\beta}{2}\cdot\cos\frac{\gamma}{2}$
4. $\cos\alpha+\cos\beta-\cos\gamma=4\cos\frac{\alpha}{2}\cdot\cos\frac{\beta}{2}\cdot\sin\frac{\gamma}{2}-1$
5. $\sin^2\alpha+\sin^2\beta+\sin^2\gamma=2\cdot\cos\alpha\cdot\cos\beta\cdot\cos\gamma+2$
6. $\sin^2\alpha+\sin^2\beta-\sin^2\gamma=2\cdot\sin\alpha\cdot\sin\beta\cdot\cos\gamma$
7. $\operatorname{tg}\alpha+\operatorname{tg}\beta+\operatorname{tg}\gamma=\operatorname{tg}\alpha\cdot\operatorname{tg}\beta\cdot\operatorname{tg}\gamma$
8. $\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{2}+\operatorname{ctg}\frac{\beta}{2}+\operatorname{ctg}\frac{\gamma}{2}=\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{2}\cdot\operatorname{ctg}\frac{\beta}{2}\cdot\operatorname{ctg}\frac{\gamma}{2}$
9. $\operatorname{ctg}\alpha\cdot\operatorname{ctg}\beta+\operatorname{ctg}\alpha\cdot\operatorname{ctg}\gamma+\operatorname{ctg}\beta\cdot\operatorname{ctg}\gamma=1$
10. $\sin 2\alpha+\sin 2\beta+\sin 2\gamma=4\sin\alpha\cdot\sin\beta\cdot\sin\gamma$
11. $\sin 2\alpha+\sin 2\beta-\sin 2\gamma=4\cos\alpha\cdot\cos\beta\cdot\sin\gamma$

Выражение элементов треугольника через углы и радиус описанного круга r.

(См. также стр. 85–87).

$s=\frac{a+b+c}{2}$; $\delta=\alpha-\beta$; h_a = высота, опущенная на сторону a.

1. $a+b=4r\cdot\cos\frac{\gamma}{2}\cdot\cos\frac{\delta}{2}$; 2. $a-b=4r\cdot\sin\frac{\gamma}{2}\cdot\sin\frac{\delta}{2}$

3. $s=4r\cdot\cos\frac{\alpha}{2}\cdot\cos\frac{\beta}{2}\cdot\cos\frac{\gamma}{2}$

4. $s-a=4r\cdot\cos\frac{\alpha}{2}\cdot\sin\frac{\beta}{2}\cdot\sin\frac{\gamma}{2}$

$s-b=4r\cdot\cos\frac{\beta}{2}\cdot\sin\frac{\alpha}{2}\cdot\sin\frac{\gamma}{2}$

$s-c=4r\cdot\cos\frac{\gamma}{2}\cdot\sin\frac{\alpha}{2}\cdot\sin\frac{\beta}{2}$

5. $h_a=2r\cdot\sin\beta\cdot\sin\gamma$; $h_b=2r\cdot\sin\alpha\cdot\sin\gamma$; $h_c=2r\cdot\sin\alpha\cdot\sin\beta$

6. Площадь треугольника $F=2\cdot r^2\cdot\sin\alpha\cdot\sin\beta\cdot\sin\gamma=\frac{a\cdot b\cdot c}{4r}$

7. $r=\frac{a}{2\sin\alpha}=\frac{b}{2\sin\beta}=\frac{c}{2\sin\gamma}=\frac{a\cdot b\cdot c}{4F}$.

3. Значение тригонометрических функций.

0	sin	cos	tg	ctg		1°	sin	cos	tg	ctg	
0'	0.00000	1.0000	0.00000	Infinite	60	0'	0.01745	0.99985	0.01745	57.290	60
1	.00029	.0000	.00029	3437.7	59	1	.01774	.99984	.01775	56.350	59
2	.00058	.0000	.00058	1718.9	58	2	.01803	.99984	.01804	55.441	58
3	.00087	.0000	.00087	1145.9	57	3	.01832	.99983	.01833	54.561	57
4	.00116	.0000	.00116	859.44	56	4	.01861	.99983	.01862	53.708	56
5	0.00145	1.0000	0.00145	687.55	55	5	0.01891	0.99982	0.01891	52.882	55
6	.00174	.0000	.00174	572.96	54	6	.01920	.99981	.01920	52.081	54
7	.00204	.0000	.00204	491.11	53	7	.01949	.99981	.01949	51.303	53
8	.00233	.0000	.00233	429.72	52	8	.01978	.99980	.01978	50.548	52
9	.00262	.0000	.00262	381.97	51	9	.02007	.99980	.02007	49.816	51
10	0.00291	0.99999	0.00291	343.77	50	10	0.02036	0.99979	0.02036	49.104	50
11	.00320	.99999	.00320	312.52	49	11	.02065	.99979	.02066	48.412	49
12	.00349	.99999	.00349	286.48	48	12	.02094	.99978	.02095	47.739	48
13	.00378	.99999	.00378	264.44	47	13	.02123	.99977	.02124	47.085	47
14	.00407	.99999	.00407	245.55	46	14	.02152	.99977	.02153	46.449	46
15	0.00436	0.99999	0.00436	229.18	45	15	0.02181	0.99976	0.02182	45.829	45
16	.00465	.99999	.00465	214.86	44	16	.02210	.99975	.02211	45.226	44
17	.00494	.99999	.00494	202.22	43	17	.02240	.99975	.02240	44.638	43
18	.00524	.99999	.00524	190.98	42	18	.02269	.99974	.02269	44.066	42
19	.00553	.99998	.00553	180.93	41	19	.02298	.99974	.02298	43.508	41
20	0.00582	0.99998	0.00582	171.88	40	20	0.02326	0.99973	0.02327	42.964	40
21	.00611	.99998	.00611	163.70	39	21	.02356	.99972	.02357	42.433	39
22	.00640	.99998	.00640	156.26	38	22	.02385	.99971	.02386	41.916	38
23	.00669	.99998	.00669	149.46	37	23	.02414	.99971	.02415	41.410	37
24	.00698	.99997	.00698	143.24	36	24	.02443	.99970	.02444	40.917	36
25	0.00727	0.99997	0.00727	137.51	35	25	0.02472	0.99969	0.02473	40.436	35
26	.00756	.99997	.00756	132.22	34	26	.02501	.99969	.02502	39.965	34
27	.00785	.99997	.00785	127.32	33	27	.02530	.99968	.02531	39.506	33
28	.00814	.99997	.00814	122.77	32	28	.02559	.99967	.02560	39.057	32
29	.00843	.99996	.00844	118.54	31	29	.02589	.99966	.02589	38.618	31
30	0.00873	0.99996	0.00873	114.59	30	30	0.02618	0.99966	0.02618	38.188	30
31	.00902	.99996	.00902	110.89	29	31	.02647	.99965	.02648	37.769	29
32	.00931	.99996	.00931	107.43	28	32	.02676	.99964	.02677	37.358	28
33	.00960	.99995	.00960	104.17	27	33	.02705	.99963	.02706	36.956	27
34	.00989	.99995	.00989	101.11	26	34	.02734	.99963	.02735	36.563	26
35	0.01018	0.99995	0.01018	98.218	25	35	0.02763	0.99962	0.02764	36.177	25
36	.01047	.99994	.01047	95.489	24	36	.02792	.99961	.02793	35.800	24
37	.01076	.99994	.01076	92.908	23	37	.02821	.99960	.02822	35.431	23
38	.01105	.99994	.01105	90.463	22	38	.02850	.99959	.02851	35.069	22
39	.01134	.99993	.01134	88.143	21	39	.02879	.99958	.02880	34.715	21
40	0.01163	0.99993	0.01164	85.940	20	40	0.02908	0.99958	0.02910	34.368	20
41	.01193	.99993	.01193	83.843	19	41	.02937	.99957	.02939	34.027	19
42	.01222	.99992	.01222	81.847	18	42	.02967	.99956	.02968	33.693	18
43	.01251	.99992	.01251	79.943	17	43	.02996	.99955	.02997	33.366	17
44	.01280	.99992	.01280	78.126	16	44	.03025	.99954	.03026	33.045	16
45	0.01309	0.99991	0.01309	76.390	15	45	0.03054	0.99953	0.03055	32.730	15
46	.01338	.99991	.01338	74.729	14	46	.03083	.99952	.03084	32.421	14
47	.01367	.99991	.01367	73.139	13	47	.03112	.99951	.03113	32.118	13
48	.01396	.99990	.01396	71.615	12	48	.03141	.99951	.03143	31.820	12
49	.01425	.99990	.01425	70.153	11	49	.03170	.99950	.03172	31.528	11
50	0.01454	0.99989	0.01454	68.750	10	50	0.03199	0.99949	0.03201	31.241	10
51	.01483	.99989	.01484	67.402	9	51	.03228	.99948	.03230	30.960	9
52	.01512	.99988	.01513	66.105	8	52	.03257	.99947	.03259	30.683	8
53	.01542	.99988	.01542	64.858	7	53	.03286	.99946	.03288	30.411	7
54	.01571	.99988	.01571	63.657	6	54	.03315	.99945	.03317	30.145	6
55	0.01600	0.99987	0.01600	62.499	5	55	0.03344	0.99944	0.03346	29.882	5
56	.01629	.99987	.01629	61.383	4	56	.03374	.99943	.03375	29.624	4
57	.01658	.99987	.01658	60.306	3	57	.03403	.99942	.03405	29.371	3
58	.01687	.99986	.01687	59.266	2	58	.03432	.99941	.03434	29.122	2
59	.01716	.99985	.01716	58.261	1	59	.03461	.99940	.03463	28.877	1
60	0.01745	0.99985	0.01745	57.290	0'	60	0.03490	0.99939	0.03492	28.636	0'
	cos	sin	ctg	tg	89°		cos	sin	ctg	tg	88°

2°	sin	cos	tg	ctg		3°	sin	cos	tg	ctg	
0°	0.03490	0.99939	0.03492	28.636	60°	0	0.05234	0.99863	0.05241	19.081	60
1	.03519	.99938	.03521	28.399	59	1	.05263	.99861	.05270	18.975	59
2	.03548	.99937	.03550	28.166	58	2	.05292	.99860	.05299	18.871	58
3	.03577	.99936	.03579	27.937	57	3	.05321	.99858	.05328	18.768	57
4	0.3606	.99935	.03608	27.712	56	4	.05350	.99857	.05357	18.665	56
5	0.03635	0.99934	0.03638	27.490	55	5	0.05379	0.99855	0.05387	18.564	55
6	.03664	.99933	.03667	27.271	54	6	.05408	.99854	.05416	18.464	54
7	.03693	.99932	.03696	27.056	53	7	.05437	.99852	.05445	18.365	53
8	.03722	.99931	.03725	26.843	52	8	.05466	.99850	.05474	18.268	52
9	.03751	.99930	.03754	26.637	51	9	.05495	.99849	.05503	18.171	51
10	0.03781	0.99928	0.03783	26.432	50	10	0.05524	0.99847	0.05532	18.075	50
11	.03810	.99927	.03812	26.230	49	11	.05553	.99846	.05562	17.980	49
12	.03839	.99926	.03842	26.031	48	12	.05582	.99844	.05591	17.886	48
13	.03868	.99925	.03871	25.835	47	13	.05611	.99842	.05620	17.793	47
14	.03897	.99924	.03900	25.642	46	14	.05640	.99841	.05649	17.701	46
15	0.03926	0.99923	0.03929	25.452	45	15	0.05669	0.99839	0.05678	17.610	45
16	.03955	.99922	.03958	25.264	44	16	.05698	.99837	.05707	17.520	44
17	.03984	.99921	.03987	25.080	43	17	.05727	.99836	.05737	17.431	43
18	.04013	.99919	.04016	24.898	42	18	.05756	.99834	.05766	17.343	42
19	.04042	.99918	.04045	24.718	41	19	.05785	.99832	.05795	17.256	41
20	0.04071	0.99917	0.04075	24.542	40	20	0.05814	0.99831	0.05824	17.169	40
21	.04100	.99916	.04104	24.367	39	21	.05843	.99829	.05853	17.084	39
22	.04129	.99915	.04133	24.196	38	22	.05872	.99827	.05883	16.999	38
23	.04158	.99913	.04162	24.026	37	23	.05902	.99826	.05912	16.915	37
24	.04187	.99912	.04191	23.859	36	24	.05931	.99824	.05941	16.832	36
25	0.04217	0.99911	0.04220	23.694	35	25	0.05960	0.99822	0.05970	16.750	35
26	.04246	.99910	.04249	23.532	34	26	.05989	.99820	.05999	16.668	34
27	.04275	.99908	.04279	23.372	33	27	.06018	.99819	.06029	16.587	33
28	.04304	.99907	.04308	23.214	32	28	.06047	.99817	.06058	16.507	32
29	.04333	.99906	.04337	23.058	31	29	.06076	.99815	.06087	16.428	31
30	0.04362	0.99905	0.04366	22.904	30	30	0.06105	0.99813	0.06116	16.350	30
31	.04391	.99903	.04395	22.752	29	31	.06134	.99812	.06145	16.272	29
32	.04420	.99902	.04424	22.602	28	32	.06163	.99810	.06175	16.195	28
33	.04449	.99901	.04453	22.454	27	33	.06192	.99808	.06204	16.119	27
34	.04478	.99900	.04483	22.308	26	34	.06221	.99806	.06233	16.043	26
35	0.04507	0.99898	0.04512	22.164	25	35	0.06250	0.99804	0.06262	15.969	25
36	.04536	.99897	.04541	22.022	24	36	.06279	.99803	.06291	15.894	24
37	.04565	.99896	.04570	21.881	23	37	.06308	.99801	.06321	15.821	23
38	.04594	.99894	.04599	21.742	22	38	.06337	.99799	.06350	15.748	22
39	.04623	.99893	.04628	21.606	21	39	.06366	.99797	.06379	15.676	21
40	0.04652	0.99892	0.04657	21.470	20	40	0.06395	0.99795	0.06408	15.605	20
41	.04681	.99890	.04687	21.337	19	41	.06424	.99793	.06437	15.534	19
42	.04711	.99889	.04716	21.205	18	42	.06453	.99791	.06467	15.464	18
43	.04740	.99888	.04745	21.075	17	43	.06482	.99790	.06496	15.394	17
44	.04769	.99886	.04774	20.946	16	44	.06511	.99788	.06525	15.325	16
45	0.04798	0.99885	0.04803	20.819	15	45	0.06540	0.99786	0.06554	15.257	15
46	.04827	.99883	.04832	20.693	14	46	.06569	.99784	.06583	15.189	14
47	.04856	.99882	.04862	20.569	13	47	.06598	.99782	.06613	15.122	13
48	.04885	.99881	.04891	20.446	12	48	.06627	.99780	.06642	15.056	12
49	.04914	.99879	.04920	20.325	11	49	.06656	.99778	.06671	14.990	11
50	0.04943	0.99878	0.04949	20.205	10	50	0.06685	0.99776	0.06700	14.924	10
51	.04972	.99876	.04978	20.087	9	51	.06714	.99774	.06730	14.860	9
52	.05001	.99875	.05007	19.970	8	52	.06743	.99772	.06759	14.795	8
53	.05030	.99873	.05037	19.854	7	53	.06772	.99770	.06788	14.732	7
54	.05059	.99872	.05066	19.740	6	54	.06801	.99768	.06817	14.668	6
55	0.05088	0.99870	0.05095	19.627	5	55	0.06830	0.99766	0.06846	14.606	5
56	.05117	.99869	.05124	19.515	4	56	.06859	.99764	.06876	14.544	4
57	.05146	.99867	.05153	19.405	3	57	.06888	.99762	.06905	14.482	3
58	.05175	.99866	.05182	19.296	2	58	.06918	.99760	.06934	14.421	2
59	.05204	.99864	.05212	19.188	1	59	.06947	.99758	.06963	14.361	1
60	0.05234	0.99863	0.05241	19.081	0°	60	0.06976	0.99756	0.06993	14.301	0°
	cos	sin	ctg	tg	87°		cos	sin	ctg	tg	86°

4°	sin	cos	tg	ctg		5°	sin	cos	tg	ctg	
0	0.06976	0.99756	0.06993	14.301	60	0	0.08715	0.99619	0.08749	11.430	60
1	.07005	.99754	.07022	14.241	59	1	.08744	.99617	.08778	11.392	59
2	.07034	.99752	.07051	14.182	58	2	.08773	.99614	.08807	11.354	58
3	.07063	.99750	.07080	14.123	57	3	.08802	.99612	.08837	11.316	57
4	.07092	.99748	.07110	14.065	56	4	.08831	.99609	.08866	11.279	56
5	0.07121	0.99746	0.07139	14.008	55	5	0.08860	0.99607	0.08895	11.242	55
6	.07150	.99744	.07168	13.951	54	6	.08889	.99604	.08925	11.205	54
7	.07179	.99742	.07197	13.894	53	7	.08918	.99601	.08954	11.168	53
8	.07208	.99740	.07226	13.838	52	8	.08947	.99599	.08983	11.132	52
9	.07237	.99738	.07256	13.782	51	9	.08976	.99596	.09013	11.095	51
10	0.07266	0.99736	0.07285	13.727	50	10	0.09005	0.99594	0.09042	11.059	50
11	.07295	.99733	.07314	13.672	49	11	.09034	.99591	.09071	11.024	49
12	.07324	.99731	.07343	13.617	48	12	.09063	.99588	.09101	10.988	48
13	.07353	.99729	.07373	13.563	47	13	.09092	.99586	.09130	10.953	47
14	.07382	.99727	.07402	13.510	46	14	.09121	.99583	.09159	10.918	46
15	0.07411	0.99725	0.07431	13.457	45	15	0.09150	0.99580	0.09189	10.883	45
16	.07440	.99723	.07460	13.404	44	16	.09179	.99578	.09218	10.848	44
17	.07469	.99721	.07490	13.351	43	17	.09208	.99575	.09247	10.814	43
18	.07498	.99718	.07519	13.299	42	18	.09237	.99572	.09277	10.780	42
19	.07527	.99716	.07548	13.248	41	19	.09266	.99570	.09306	10.746	41
20	0.07556	0.99714	0.07577	13.197	40	20	0.09295	0.99567	0.09335	10.712	40
21	.07585	.99712	.07607	13.146	39	21	.09324	.99564	.09365	10.678	39
22	.07614	.99710	.07636	13.096	38	22	.09353	.99562	.09394	10.645	38
23	.07643	.99707	.07665	13.046	37	23	.09382	.99559	.09423	10.612	37
24	.07672	.99705	.07694	12.996	36	24	.09411	.99556	.09453	10.579	36
25	0.07701	0.99703	0.07724	12.947	35	25	0.09440	0.99553	0.09482	10.546	35
26	.07730	.99701	.07753	12.898	34	26	.09469	.99551	0.9511	10.514	34
27	.07759	.99698	.07782	12.849	33	27	.09498	.99548	.09541	10.481	33
28	.07788	.99696	.07812	12.801	32	28	.09527	.99545	.09570	10.449	32
29	.07817	.99694	.07841	12.754	31	29	.09556	.99542	.09599	10.417	31
30	0.07846	0.99692	0.07870	12.706	30	30	0.09584	0.99540	0.09629	10.385	30
31	.07875	.99689	.07899	12.659	29	31	.09613	.99537	.09658	10.354	29
32	.07904	.99687	.07929	12.612	28	32	.09642	.99534	.09688	10.322	28
33	.07933	.99685	.07958	12.566	27	33	.09671	.99531	.09717	10.291	27
34	.07962	.99682	.07987	12.520	26	34	.09700	.99528	.09746	10.260	26
35	0.07991	0.99680	0.08016	12.474	25	35	0.09729	0.99525	0.09776	10.229	25
36	.08020	.99678	.08046	12.429	24	36	.09758	.99523	.09805	10.199	24
37	.08049	.99675	.08075	12.384	23	37	.09787	.99520	.09884	10.168	23
38	.08078	.99673	.08104	12.339	22	38	.09816	.99517	.09864	10.138	22
39	.08107	.99671	.08134	12.295	21	39	.09845	.99514	.09893	10.108	21
40	0.08136	0.99668	0.08163	12.250	20	40	0.09874	0.99511	0.09922	10.078	20
41	.08165	.99666	.08192	12.207	19	41	.09903	.99508	.09952	10.048	19
42	.08194	.99664	.08221	12.163	18	42	.09932	.99505	.09981	10.019	18
43	.08223	.99661	.08251	12.120	17	43	.09961	.99503	.10011	9.9893	17
44	.08252	.99659	.08280	12.077	16	44	.09990	.99500	.10040	9.9601	16
45	0.08281	0.99656	0.08309	12.035	15	45	0.10019	0.99497	0.10069	9.9310	15
46	.08310	.99654	.08339	11.992	14	46	.10048	.99494	.10099	9.9021	14
47	.08339	.99652	.08368	11.950	13	47	.10077	.99491	.10128	9.8734	13
48	.08368	.99649	.08397	11.909	12	48	.10106	.99488	.10158	9.8448	12
49	.08397	.99647	.08426	11.867	11	49	.10134	.99485	.10187	9.8164	11
50	0.08426	0.99644	0.08456	11.826	10	50	0.10163	0.99482	0.10216	9.7882	10
51	.08455	.99642	.08485	11.785	9	51	.10192	.99479	.10246	9.7601	9
52	.08484	.99639	.08514	11.745	8	52	.10221	.99476	.10275	9.7322	8
53	.08513	.99637	.08544	11.704	7	53	.10250	.99473	.10305	9.7044	7
54	.08542	.99634	.08573	11.664	6	54	.10279	.99470	.10334	9.6768	6
55	.08571	0.99632	.08602	11.625	5	55	0.10308	0.99467	0.10363	9.6493	5
56	.08600	.99629	.08632	11.585	4	56	.10337	.99464	.10393	9.6220	4
57	.08629	.99627	.08661	11.546	3	57	.10366	.99461	.10422	9.5949	3
58	.08658	.99624	.08690	11.507	2	58	.10395	.99458	.10452	9.5679	2
59	.08687	.99622	.08719	11.468	1	59	.10424	.99455	.10481	9.5411	1
60	0.08715	0.99619	0.08749	11.430	0	60	0.10453	0.99452	0.10510	9.5144	0
	cos	sin	ctg	tg	85°		cos	sin	ctg	tg	84°

6°	sin	cos	tg	ctg		7°	sin	cos	tg	ctg	
0	0.10453	0.99452	0.10510	9.5144	60	0	0.12187	0.99255	0.12278	8.1443	60
1	.10482	.99446	.10540	.4878	59	1	.12216	.99251	.12308	.1248	59
2	.10511	.99446	.10569	.4614	58	2	.12245	.99247	.12337	.1053	58
3	.10540	.99443	.10599	.4351	57	3	.12273	.99244	.12367	.0860	57
4	.10568	.99440	.10628	.4090	56	4	.12302	.99240	.12396	.0667	56
5	0.10597	0.99437	0.10657	9.3831	55	5	0.12331	0.99237	0.12426	8.0476	55
6	.10626	.99434	.10687	.3572	54	6	.12360	.99233	.12456	.0285	54
7	.10655	.99431	.10716	.3315	53	7	.12389	.99229	.12485	.0095	53
8	.10684	.99428	.10746	.3060	52	8	.12418	.99226	.12515	7.9906	52
9	.10713	.99424	.10775	.2806	51	9	.12447	.99222	.12544	.9717	51
10	0.10742	.99421	0.10805	9.2553	50	10	0.12476	0.99219	0.12574	7.9530	50
11	.10771	.99418	.10834	.2302	49	11	.12504	.99215	.12603	.9344	49
12	.10800	.99415	.10863	.2051	48	12	.12533	.99211	.12633	.9158	48
13	.10829	.99412	.10893	.1803	47	13	.12562	.99208	.12662	.8973	47
14	.10858	.99409	.10922	.1555	46	14	.12591	.99204	.12692	.8789	46
15	0.10887	0.99406	0.10952	9.1309	45	15	0.12620	.099200	0.12722	7.8606	45
16	.10916	.99402	.10981	.1064	44	16	.12649	.99197	.12751	.8424	44
17	.10944	.99399	.11011	.0821	43	17	.12678	.99193	.12781	.8243	43
18	.10973	.99396	.11040	.0579	42	18	.12706	.99189	.12810	.8062	42
19	.11002	.99393	.11069	.0338	41	19	.12735	.99186	.12840	.7882	41
20	0.11031	0.99390	0.11099	9.0098	40	20	0.12764	0.99182	0.12869	7.7703	40
21	.11060	.99386	.11128	8.9860	39	21	.12793	.99178	.12899	.7525	39
22	.11089	.99383	.11158	.9623	38	22	.12822	.99174	.12928	.7348	38
23	.11118	.99380	.11187	.9387	37	23	.12851	.99171	.12958	.7171	37
24	.11147	.99377	.11217	.9152	36	24	.12879	.99167	.12988	.6996	36
25	0.11176	0.99373	0.11246	8.8918	35	25	0.12908	0.99163	0.13017	7.6821	35
26	.11205	.99370	.11276	.8686	34	26	.12937	.99160	.13047	.6646	34
27	.11234	.99367	.11305	.8455	33	27	.12966	.99156	.13076	.6473	33
28	.11262	.99364	.11335	.8225	32	28	.12995	.99152	.13106	.6300	32
29	.11291	.99360	.11364	.7996	31	29	.13024	.99148	.13136	.6129	31
30	0.11320	0.99357	0.11393	8.7769	30	30	0.13053	0.99144	0.13165	7.5957	30
31	.11349	.99354	.11423	.7542	29	31	.13081	.99141	.13195	.5787	29
32	.11378	.99350	.11452	.7317	28	32	.13110	.99137	.13224	.5617	28
33	.11407	.99347	.11482	.7093	27	33	.13139	.99133	.13254	.5449	27
34	.11436	.99344	.11511	.6870	26	34	.13168	.99129	.13284	.5280	26
35	0.11465	0.99341	0.11541	8.6648	25	35	0.13197	0.99125	0.13313	7.5113	25
36	.11494	.99337	.11570	.6427	24	36	.13226	.99121	.13343	.4946	24
37	.11523	.99334	.11600	.6208	23	37	.13254	.99118	.13372	.4780	23
38	.11551	.99330	.11629	.5989	22	38	.13283	.99114	.13402	.4615	22
39	.11580	.99327	.11659	.5772	21	39	.13312	.99110	.13432	.4451	21
40	0.11609	0.99324	0.11688	8.5555	20	40	0.13341	0.99106	0.13461	7.4287	20
41	.11638	.99320	.11718	.5340	19	41	.13370	.99102	.13491	.4124	19
42	.11667	.99317	.11747	.5126	18	42	.13399	.99098	.13520	.3961	18
43	.11696	.99314	.11777	.4913	17	43	.13427	.99094	.13550	.3800	17
44	.11725	.99310	.11806	.4701	16	44	.13456	.99090	.13580	.3639	16
45	0.11754	0.99307	0.11836	8.4489	15	45	0.13485	0.99086	0.13609	7.3479	15
46	.11783	.99303	.11865	.4279	14	46	.13514	.99083	.13639	.3319	14
47	.11811	.99300	.11895	.4070	13	47	.13543	.99079	.13669	.3160	13
48	.11840	.99296	.11924	.3862	12	48	.13571	.99075	.13698	.3002	12
49	.11869	.99293	.11954	.3655	11	49	.13600	.99071	.13728	.2844	11
50	0.11898	0.99290	0.11983	8.3449	10	50	0.13629	0.99067	0.13757	7.2687	10
51	.11927	.99286	.12013	.3244	9	51	.13658	.99063	.13787	.2531	9
52	.11956	.99283	.12042	.3040	8	52	.13687	.99059	.13817	.2375	8
53	.11985	.99279	.12072	.2837	7	53	.13716	.99055	.13846	.2220	7
54	.12014	.99276	.12101	.2635	6	54	.13744	.99051	.13876	.2066	6
55	0.12042	0.99272	0.12131	8.2434	5	55	0.13773	0.99047	0.13906	7.1912	5
56	.12071	.99269	.12160	.2234	4	56	.13802	.99043	.13935	.1759	4
57	.12100	.99265	.12190	.2035	3	57	.13831	.99039	.13965	.1607	3
58	.12129	.99262	.12219	.1837	2	58	.13860	.99035	.13995	.1455	2
59	.12158	.99258	.12249	.1640	1	59	.13888	.99031	.14024	.1304	1
60	0.12187	0.99255	0.12278	8.1443	0	60	0.13917	0.99027	0.14054	7.1154	0
	cos	sin	ctg		83°		cos	sin	ctg	tg	82°

8°	sin	cos	tg	ctg		9°	sin	cos	tg	ctg	
0	0.13917	0.99027	0.14054	7.1154	60	0	0.15643	0.98769	0.15838	6.3137	60
1	.13946	.99023	.14084	.1004	59	1	.15672	.98764	.15868	.3019	59
2	.13973	.99019	.14113	.0854	58	2	.15701	.98760	.15898	.2901	58
3	.14004	.99015	.14143	.0706	57	3	.15730	.98755	.15928	.2783	57
4	.14032	.99010	.14173	.0558	56	4	.15758	.98750	.15958	.2665	56
5	0.14061	0.99006	0.14202	7.0410	55	5	0.15787	0.98746	0.15987	6.2548	55
6	.14090	.99002	.14232	.0264	54	6	.15816	.98741	.16017	.2432	54
7	.14119	.98998	.14262	.0117	53	7	.15844	.98737	.16047	.2316	53
8	.14148	.98994	.14291	6.9972	52	8	.15873	.98732	.16077	.2200	52
9	.14176	.98990	.14321	.9827	51	9	.15902	.98727	.16107	.2085	51
10	0.14205	0.98986	0.14351	6.9682	50	10	0.15931	0.98723	0.16137	6.1970	50
11	.14234	.98982	.14380	.9538	49	11	.15959	.98718	.16167	.1856	49
12	.14263	.98978	.14410	.9395	48	12	.15988	.98714	.16196	.1742	48
13	.14292	.98973	.14440	.9252	47	13	.16017	.98709	.16226	.1628	47
14	.14320	.98969	.14470	.9110	46	14	.16045	.98704	.16256	.1515	46
15	0.14349	0.98965	0.14499	6.8969	45	15	0.16074	0.98700	0.16286	6.1402	45
16	.14378	.98961	.14529	.8828	44	16	.16103	.98695	.16316	.1290	44
17	.14407	.98957	.14559	.8687	43	17	.16132	.98690	.16346	.1178	43
18	.14436	.98952	.14588	.8547	42	18	.16160	.98685	.16376	.1066	42
19	.14464	.98948	.14618	.8408	41	19	.16189	.98681	.16405	.0955	41
20	0.14493	0.98944	0.14648	6.8269	40	20	0.16218	0.98676	0.16435	6.0844	40
21	.14522	.98940	.14677	.8131	39	21	.16246	.98671	.16465	.0734	39
22	.14551	.98936	.14707	.7993	38	22	.16275	.98667	.16495	.0624	38
23	.14579	.98931	.14737	.7856	37	23	.16304	.98662	.16525	.0514	37
24	.14608	.98927	.14767	.7720	36	24	.16333	.98657	.16555	.0405	36
25	0.14637	0.98923	0.14796	6.7584	35	25	0.16361	0.98652	0.16585	6.0296	35
26	.14666	.98919	.14826	.7448	34	26	.16390	.98648	.16615	.0188	34
27	.14695	.98914	.14856	.7313	33	27	.16419	.98643	.16644	.0080	33
28	.14723	.98910	.14886	.7179	32	28	.16447	.98638	.16674	5.9972	32
29	.14752	.98906	.14915	.7045	31	29	.16476	.98633	.16704	.9865	31
30	0.14781	0.98901	0.14945	6.6911	30	30	0.16505	0.98628	0.16734	5.9758	30
31	.14810	.98897	.14975	.6779	29	31	.16533	.98624	.16764	.9651	29
32	.14838	.98893	.15004	.6646	28	32	.16562	.98619	.16794	.9545	28
33	.14867	.98889	.15034	.6514	27	33	.16591	.98614	.16824	.9439	27
34	.14896	.98884	.15064	.6383	26	34	.16619	.98609	.16854	.9333	26
35	0.14925	0.98880	0.15094	6.6252	25	35	0.16648	0.98604	0.16884	5.9228	25
36	.14953	.98876	.15123	.6122	24	36	.16677	.98600	.16914	.9123	24
37	.14982	.98871	.15153	.5992	23	37	.16705	.98595	.16944	.9019	23
38	.15011	.98867	.15183	.5863	22	38	.16734	.98590	.16973	.8915	22
39	.15040	.98862	.15213	.5734	21	39	.16763	.98585	.17003	.8811	21
40	0.15068	0.98858	0.15243	6.5605	20	40	0.16791	0.98580	0.17033	5.8708	20
41	.15097	.98854	.15272	.5478	19	41	.16820	.98575	.17063	.8605	19
42	.15126	.98849	.15302	.5350	18	42	.16849	.98570	.17093	.8502	18
43	.15155	.98845	.15332	.5223	17	43	.16878	.98565	.17123	.8400	17
44	.15183	.98840	.15362	.5097	16	44	.16906	.98560	.17153	.8298	16
45	0.15212	0.98836	0.15391	6.4971	15	45	0.16935	0.98556	0.17183	5.8196	15
46	.15241	.98832	.15421	.4845	14	46	.16964	.98551	.17213	.8095	14
47	.15270	.98827	.15451	.4720	13	47	.16992	.98546	.17243	.7994	13
48	.15298	.98823	.15481	.4596	12	48	.17021	.98541	.17273	.7894	12
49	.15328	.98818	.15511	.4472	11	49	.17050	.98536	.17303	.7794	11
50	0.15356	0.98814	0.15540	6.4348	10	50	0.17078	0.98531	0.17333	5.7694	10
51	.15385	.98809	.15570	.4225	9	51	.17107	.98526	.17363	.7594	9
52	.15413	.98805	.15600	.4103	8	52	.17136	.98521	.17393	.7495	8
53	.15442	.98800	.15630	.3980	7	53	.17164	.98516	.17423	.7396	7
54	.15471	.98796	.15659	.3859	6	54	.17193	.98511	.17423	.7297	6
55	0.15500	0.98791	0.15689	6.3737	5	55	0.17221	0.98506	0.17483	5.7199	5
56	.15528	.98787	.15719	.3616	4	56	.17250	.98501	.17513	.7101	4
57	.15557	.98782	.15749	.3496	3	57	.17279	.98496	.17543	.7004	3
58	.15586	.98778	.15779	.3376	2	58	.17307	.98491	.17573	.6906	2
59	.15615	.98773	.15809	.3257	1	59	.17336	.98486	.17603	.6809	1
60	0.15643	0.98769	0.15838	6.3137	0′	60	0.17365	0.98481	0.17633	5.6713	0′
	cos	sin	ctg	tg	81°		cos	sin	ctg	tg	80°

10°	sin	cos	tg	ctg		11°	sin	cos	tg	ctg	
0	0.17365	0.98481	0.17633	5.6713	60	0'	0.19081	0.98163	0.19438	5.1446	60
1	.17393	.98476	.17663	.6616	59	1	.19109	.98157	.19468	.1366	59
2	.17422	.98471	.17693	.6520	58	2	.19138	.98152	.19498	.1286	58
3	.17451	.98465	.17723	.6425	57	3	.19166	.98146	.19529	.1207	57
4	.17479	.98460	.17753	.6329	56	4	.19195	.98140	.19559	.1128	56
5	0.17508	0.98455	0.17783	5.6234	55	5	0.19224	0.98135	0.19589	5.1049	55
6	.17537	.98450	.17813	.6140	54	6	.19252	.98129	.19619	.0970	54
7	.17565	.98445	.17843	.6045	53	7	.19281	.98124	.19649	.0892	53
8	.17594	.98440	.17873	.5951	52	8	.19309	.98118	.19680	.0814	52
9	.17622	.98435	.17903	.5857	51	9	.19338	.98112	.19710	.0736	51
10	0.17651	0.98430	0.17933	5.5764	50	10	0.19366	0.98107	0.19740	5.0658	50
11	.17680	.98425	.17963	.5670	49	11	.19395	.98101	.19770	.0581	49
12	.17708	.98419	.17993	.5578	48	12	.19423	.98095	.19800	.0504	48
13	.17737	.98414	.18023	.5485	47	13	.19452	.98090	.19831	.0427	47
14	.17766	.98409	.18053	.5393	46	14	.19480	.98084	.19861	.0350	46
15	0.17794	0.98404	0.18083	5.5301	45	15	0.19509	0.98078	0.19891	5.0273	45
16	.17823	.98399	.18113	.5209	44	16	.19537	.98073	.19921	.0197	44
17	.17852	.98394	.18143	.5117	43	17	.19566	.98067	.19952	.0121	43
18	.17880	.98388	.18173	.5026	42	18	.19595	.98061	.19982	.0045	42
19	.17909	.98383	.18203	.4936	41	19	.19623	.98056	.20012	4.9969	41
20	0.17937	0.98378	0.18233	5.4845	40	20	0.19652	0.98050	0.20042	4.9894	40
21	.17966	.98373	.18263	.4755	39	21	.19680	.98044	.20073	.9819	39
22	.17995	.98368	.18293	.4665	38	22	.19709	.98039	.20103	.9744	38
23	.18023	.98362	.18323	.4575	37	23	.19737	.98033	.20133	.9669	37
24	.18052	.98357	.18353	.4486	36	24	.19766	.98027	.20163	.9594	36
25	0.18080	0.98352	0.18383	5.4396	35	25	0.19794	0.98021	0.20194	4.9520	35
26	.18109	.98347	.18413	.4308	34	26	.19823	.98016	.20224	.9446	34
27	.18138	.98341	.18444	.4219	33	27	.19851	.98010	.20254	.9372	33
28	.18166	.98336	.18474	.4131	32	28	.19880	.98004	.20285	.9298	32
29	.18195	.98331	.18504	.4043	31	29	.19908	.97998	.20315	.9225	31
30	0.18223	0.98325	0.18534	5.3955	30	30	0.19937	0.97992	0.20345	4.9151	30
31	.18252	.98320	.18564	.3868	29	31	.19965	.97987	.20375	.9078	29
32	.18281	.98315	.18594	.3780	28	32	.19994	.97981	.20406	.9006	28
33	.18309	.98309	.18624	.3694	27	33	.20022	.97975	.20436	.8933	27
34	.18338	.98304	.18654	.3607	26	34	.20051	.97969	.20466	.8860	26
35	0.18366	0.98299	0.18684	5.3521	25	35	0.20079	0.97963	0.20497	4.8788	25
36	.18395	.98293	.18714	.3434	24	36	.20108	.97957	.20527	.8716	24
37	.18424	.98288	.18745	.3349	23	37	.20136	.97952	.20557	.8644	23
38	.18452	.98283	.18775	.3263	22	38	.20165	.97946	.20588	.8573	22
39	.18481	.98277	.18805	.3178	21	39	.20193	.97940	.20618	.8501	21
40	0.18509	0.98272	0.18835	5.3093	20	40	0.20222	0.97934	0.20648	4.8430	20
41	.18538	.98267	.18865	.3008	19	41	.20250	.97928	.20679	.8359	19
42	.18567	.98261	.18895	.2923	18	42	.20279	.97922	.20709	.8288	18
43	.18595	.98256	.18925	.2839	17	43	.20307	.97916	.20739	.8217	17
44	.18624	.98250	.18955	.2755	16	44	.20336	.97910	.20770	.8147	16
45	0.18652	0.98245	0.18985	5.2671	15	45	0.20364	0.97904	0.20800	4.8077	15
46	.18681	.98240	.19016	.2588	14	46	.20393	.97899	.20830	.8007	14
47	.18709	.98234	.19046	.2505	13	47	.20421	.97893	.20861	.7937	13
48	.18738	.98229	.19076	.2422	12	48	.20450	.97887	.20891	.7867	12
49	.18767	.98223	.19106	.2339	11	49	.20478	.97881	.20921	.7798	11
50	0.18795	0.98218	0.19136	5.2257	10	50	0.20506	0.97875	0.20952	4.7728	10
51	.18824	.98212	.19166	.2174	9	51	.20535	.97869	.20982	.7659	9
52	.18852	.98207	.19197	.2092	8	52	.20563	.97863	.21012	.7591	8
53	.18881	.98201	.19227	.2011	7	53	.20592	.97857	.21043	.7522	7
54	.18909	.98196	.19257	.1929	6	54	.20620	.97851	.21073	.7453	6
55	0.18938	0.98190	0.19287	5.1848	5	55	0.20649	0.97845	0.21104	4.7385	5
56	.18967	.98185	.19317	.1767	4	56	.20677	.97839	.21134	.7317	4
57	.18995	.98179	.19347	.1686	3	57	.20706	.97833	.21164	.7249	3
58	.19024	.98174	.19378	.1606	2	58	.20734	.97827	.21195	.7181	2
59	.19052	.98168	.19408	.1525	1	59	.20763	.97821	.21225	.7114	1
60	0.19081	0.98163	0.19438	5.1445	0'	60	0.20791	0.97815	0.21256	4.7046	0'
	cos	sin	ctg	tg	79°		cos	sin	ctg	tg	78°

12°	sin	cos	tg	ctg		13	sin	cos	tg	ctg	
0'	0.20791	0.97815	0.21256	4.7046	60	0'	0.22495	0.97437	0.23087	4.3315	60
1	.20820	.97809	.21286	.6979	59	1	.22523	.97430	.23117	.3257	59
2	.20848	.97803	.21316	.6912	58	2	.22552	.97424	.23148	.3200	58
3	.20876	.97797	.21347	.6845	57	3	.22580	.97417	.23179	.3143	57
4	.20905	.97790	.21377	.6778	56	4	.22608	.97411	.23209	.3086	56
5	0.20933	0.97784	0.21408	4.6712	55	5	0.22637	0.97404	0.23240	4.3029	55
6	.20962	.97778	.21438	.6646	54	6	.22665	.97398	.23270	.2972	54
7	.20990	.97772	.21468	.6580	53	7	.22693	.97391	.23301	.2916	53
8	.21019	.97766	.21499	.6514	52	8	.22722	.97384	.23332	.2859	52
9	.21047	.97760	.21529	.6448	51	9	.22750	.97378	.23363	.2803	51
10	0.21076	0.97754	0.21560	4.6382	50	10	0.22778	0.97371	0.23393	4.2747	50
11	.21104	.97748	.21590	.6317	49	11	.22807	.97364	.23424	.2691	49
12	.21132	.97741	.21621	.6252	48	12	.22835	.97358	.23455	.2635	48
13	.21161	.97735	.21651	.6187	47	13	.22863	.97351	.23485	.2579	47
14	.21189	.97729	.21682	.6122	46	14	22892	.97344	.23516	.2524	46
15	0.21218	0.97723	0.21712	4.6057	45	15	0.22920	0.97338	0.23547	4.2468	45
16	.21246	.97717	.21742	.5993	44	16	.22948	.97331	.23577	.2413	44
17	.21275	.97711	.21773	.5928	43	17	.22977	.97324	.23608	.2358	43
18	.21303	.97704	.21803	.5864	42	18	.23005	.97318	.23639	.2303	42
19	.21331	.97698	.21834	.5800	41	19	.23033	.97311	.23670	.2248	41
20	0.21360	0.97692	0.21864	4.5736	40	20	0.23061	0.97304	0.23700	4.2193	40
21	.21388	.97686	.21895	.5673	39	21	.23090	.97298	.23731	.2139	39
22	.21417	.97680	.21925	.5609	38	22	.23118	.97291	.23762	.2084	38
23	.21445	.97673	.21956	.5546	37	23	.23146	.97284	.23793	.2030	37
24	.21473	.97667	.21986	.5483	36	24	.23175	.97277	.23823	.1976	36
25	0.21502	0.97661	0.22017	4.5420	35	25	0.23203	0.97271	0.23854	4.1921	35
26	.21530	.97655	.22047	.5357	34	26	.23231	.97264	.23885	1867	34
27	.21559	.97648	.22078	.5294	33	27	.23260	.97257	.23916	1814	33
28	.21587	.97642	.22108	.5232	32	28	.23288	.97250	.23946	.1760	32
29	.21615	.97636	.22139	.5169	31	29	.23316	.97244	.23977	.1706	31
30	0.21644	0.97630	0.22169	4.5107	30	30	0.23344	0.97237	0.24008	4.1653	30
31	.21672	.97623	.22200	.5045	29	31	.23373	.97230	.24039	.1600	29
32	.21701	.97617	.22230	.4983	28	32	.23401	.97223	.24069	1546	28
33	.21729	.97611	.22261	.4921	27	33	.23429	.97216	.24100	.1493	27
34	.21757	.97604	.22291	.4860	26	34	.23458	.97210	.24131	.1440	26
35	0.21786	0.97598	0.22322	4.4799	25	35	0.23486	0.97203	0.24162	4.1388	25
36	.21814	.97592	.22353	.4737	24	36	.23514	97196	.24192	1335	24
37	.21843	.97585	.22383	.4676	23	37	.23542	97189	.24223	1282	23
38	.21871	.97579	22414	.4615	22	38	.23571	.97182	.24254	.1230	22
39	.21899	.97573	.22444	.4555	21	39	.23599	.97175	.24285	.1178	21
40	0.21928	0.97566	0.22475	4.4494	20	40	0.23627	0.97169	0.24316	4.1126	20
41	.21956	97560	.22505	.4434	19	41	.23655	.97162	.24346	.1073	19
42	.21985	.97553	.22536	4373	18	42	.23684	.97155	.24377	.1022	18
43	.22013	.97547	.22566	.4313	17	43	.23712	.97148	.24408	.0970	17
44	22041	.97541	.22597	.4253	16	44	.23740	.97141	.24439	0918	16
45	0.22070	0.97534	0.22628	4.4194	15	45	0.23768	0.97134	0.24470	4.0867	15
46	22098	97528	.22658	.4134	14	46	.23797	.97127	.24501	0815	14
47	.22126	97521	.22689	.4074	13	47	.23825	.97120	.24531	.0764	13
48	.22155	97515	.22719	.4015	12	48	.23853	.97113	.24562	.0713	12
49	.22183	97508	.22750	.3956	11	49	.23881	.97106	.24593	.0662	11
50	0.22211	0.97502	0.22781	4.3897	10	50	0.23910	0.97099	0.24624	4.0611	10
51	.22240	97495	.22811	.3838	9	51	.23938	.97092	.24655	.0560	9
52	.22268	97489	.22842	.3779	8	52	.23966	.97086	.24686	.0509	8
53	22297	97483	.22872	.3721	7	53	.23994	.97079	.24717	.0458	7
54	22325	97476	.22903	.3662	6	54	.24023	.97072	.24747	.0408	6
55	0.22353	0.97470	0.22934	4.3604	5	55	0.24051	0.97065	0.24778	4.0357	5
56	.22382	97463	.22964	.3546	4	56	.24079	.97058	.24809	.0307	4
57	.22410	97457	.22995	.3488	3	57	.24107	.97051	.24840	.0257	3
58	22438	97450	.23025	.3430	2	58	.24136	.97044	.24871	.0207	2
59	22467	97443	.23056	.3372	1	59	.24164	.97037	.24902	.0157	1
60	0.22495	0.97437	0.23087	4.3315	0'	60	0.24192	0.97029	0.24933	4.0108	0'
	cos	sin	ctg	tg	77°		cos	sin	ctg	tg	76°

sin	cos	tg	ctg	
25882	0 96592	0 26795	3 7320	60
25910	96585	26826	7277	59
25938	96577	26857	.7234	58
25966	96570	26888	.7191	57
25994	.96562	.26920	.7147	56
26022	0 96555	0 26951	3.7104	55
26050	.96547	.26982	.7062	54
26078	.96540	27013	7019	53
26107	96532	27044	.6976	52
26135	96524	27076	.6933	51
26163	0 96517	0 27107	3 6891	50
26191	96509	27138	6848	49
26219	96502	.27169	6806	48
26247	.96494	27201	.6764	47
26275	96486	.27232	.6722	46
26303	0 96479	0 27263	3.6679	45
26331	95471	.27294	.6637	44
26359	.96463	.27326	.6596	43
26387	96456	27357	.6554	42
26415	96448	.27388	.6512	41
26443	0.96440	0 27419	3 6470	40
20471	96433	.27451	.6429	39
.26499	96425	.27482	.6387	38
26527	96417	.27513	.6346	37
.26556	96409	.27544	.6305	36
.26584	0 96402	0 27576	3 6263	35
.26612	.96394	.27607	6222	34
26640	.96386	.27638	.6181	33
.26668	.96378	.27670	.6140	32
.26696	96371	.27701	.6100	31
.26724	0 96363	0.27732	3.6059	30
.26752	.96355	.27764	.6018	29
.26780	.96347	.27795	.5977	28
.26808	.96340	.27826	.5937	27
.26836	96332	.27858	.5896	26
.26864	0 96324	0.27889	3 5856	25
.26892	.96316	.27920	.5816	24
.26920	.96308	.27952	5776	23
26948	.96301	.27983	.5736	22
26976	.96293	.28014	.5696	21
27004	0 96285	0.28046	3.5656	20
27032	.96277	.28077	.5616	19
27060	.96269	.28109	.5576	18
27088	.96261	.28140	.5536	17
27116	.96253	.28171	.5497	16
27144	0 96245	0 28203	3.5457	15
27172	96238	.28234	.5418	14
27200	.96230	.28266	.5378	13
27228	.96222	.26297	.5339	12
27256	.96214	.28328	.5300	11
27284	0 96206	0.28360	3.5261	10
27312	.96198	.28391	.5222	9
27340	.96190	.28423	.5183	8
7368	.96182	.28454	.5144	7
7396	.96174	.28486	.5105	6
7424	0.96166	0.28517	3.5066	5
7452	.96158	.28549	.5028	4
7480	.96150	.28580	.4989	3
7508	.96142	.28611	.4951	2
7536	.96134	.28643	.4912	1
7564	0 96126	0.28674	3.4874	0
os	sin	ctg	tg	74°

16°	sin	cos	tg	ctg		17°	sin	cos	tg	ctg	
0	0.27564	0.96126	0.28674	3.4874	60	0	0.29237	0.95630	0.30573	3.2708	60
1	.27592	.96118	.28706	.4836	59	1	.29265	.95622	.30605	.2674	59
2	.27620	.96110	.28737	.4798	58	2	.29293	.95613	.30637	.2640	58
3	.27648	.96102	.28769	.4760	57	3	.29321	.95605	.30668	.2607	57
4	.27675	.96094	.28800	.4722	56	4	.29348	.95596	.30700	.2573	56
5	0.27703	0.96086	0.28832	3.4684	55	5	0.29376	0.95588	0.30732	3.2539	55
6	.27731	.96078	.28863	.4646	54	6	.29404	.95579	.30764	.2505	54
7	.27759	.96070	.28895	.4608	53	7	.29432	.95571	.30796	.2472	53
8	.27787	.96062	.28926	.4570	52	8	.29460	.95562	.30828	.2438	52
9	.27815	.96054	.28958	.4533	51	9	.29487	.95554	.30859	.2405	51
10	0.27843	0.96045	0.28990	3.4495	50	10	0.29515	0.95545	0.30891	3.2371	50
11	.27871	.96037	.29021	.4458	49	11	.29543	.95536	.30923	.2338	49
12	.27899	.96029	.29053	.4420	48	12	.29571	.95528	.30955	.2305	48
13	.27927	.96021	.29084	.4383	47	13	.29598	.95519	.30987	.2271	47
14	.27955	.96013	.29116	.4346	46	14	.29626	.95511	.31019	.2238	46
15	0.27983	0.96005	0.29147	3.4308	45	15	0.29654	0.95502	0.31051	3.2205	45
16	.28011	.95997	.29179	.4271	44	16	.29682	.95493	.31083	.2172	44
17	.28039	.95989	.29210	.4234	43	17	.29710	.95485	.31115	.2139	43
18	.28067	.95980	.29242	.4197	42	18	.29737	.95476	.31146	.2106	42
19	.28094	.95972	.29274	.4160	41	19	.29765	.95467	.31178	.2073	41
20	0.28122	0.95964	0.29305	3.4124	40	20	0.29793	0.95459	0.31210	3.2041	40
21	.28150	.95956	.29337	.4087	39	21	.29821	.95450	.31242	.2008	39
22	.28178	.95948	.29368	.4050	38	22	.29848	.95441	.31274	.1975	38
23	.28206	.95940	.29400	.4014	37	23	.29876	.95433	.31306	.1942	37
24	.28234	.95931	.29432	.3977	36	24	.29904	.95424	.31338	.1910	36
25	0.28262	0.95923	0.29463	3.3941	35	25	0.29932	0.95415	0.31370	3.1877	35
26	.28290	.95915	.29495	.3904	34	26	.29959	.95407	.31402	.1845	34
27	.28318	.95907	.29526	.3868	33	27	.29987	.95398	.31434	.1813	33
28	.28346	.95898	.29558	.3832	32	28	.30015	.95389	.31466	.1780	32
29	.28374	.95890	.29590	.3795	31	29	.30043	.95380	.31498	.1748	31
30	0.28401	0.95882	0.29621	3.3759	30	30	0.30070	0.95372	0.31530	3.1716	30
31	.28429	.95874	.29653	.3723	29	31	.30098	.95363	.31562	.1684	29
32	.28457	.95865	.29685	.3687	28	32	.30126	.95354	.31594	.1652	28
33	.28485	.95857	.29716	.3651	27	33	.30154	.95345	.31626	.1620	27
34	.28513	.95849	.29748	.3616	26	34	.30181	.95337	.31658	.1588	26
35	0.28541	0.95840	0.29780	3.3580	25	35	0.30209	0.95328	0.31690	3.1556	25
36	.28569	.95832	.29811	.3544	24	36	.30237	.95319	.31722	.1524	24
37	.28597	.95824	.29843	.3509	23	37	.30265	.95310	.31754	.1492	23
38	.28624	.95816	.29875	.3473	22	38	.30292	.95301	.31786	.1460	22
39	.28652	.95807	.29906	.3438	21	39	.30320	.95293	.31818	.1429	21
40	0.28680	0.95799	0.29938	3.3402	20	40	0.30348	0.95284	0.31850	3.1397	20
41	.28708	.95791	.29970	.3367	19	41	.30375	.95275	.31882	.1366	19
42	.28736	.95782	.30001	.3332	18	42	.30403	.95266	.31914	.1334	18
43	.28764	.95774	.30033	.3296	17	43	.30431	.95257	.31946	.1303	17
44	.28792	.95765	.30065	.3261	16	44	.30459	.95248	.31978	.1271	16
45	0.28820	0.95757	0.30096	3.3226	15	45	0.30486	0.95239	0.32010	3.1240	15
46	.28847	.95749	.30128	.3191	14	46	.30514	.95231	.32042	.1209	14
47	.28875	.95740	.30160	.3156	13	47	.30542	.95222	.32074	.1177	13
48	.28903	.95732	.30192	.3121	12	48	.30569	.95213	.32106	.1146	12
49	.28931	.95723	.30223	.3087	11	49	.30597	.95204	.32138	.1115	11
50	0.28959	0.95715	0.30255	3.3052	10	50	0.30625	0.95195	0.32171	3.1084	10
51	.28987	.95707	.30287	.3017	9	51	.30653	.95186	.32203	.1053	9
52	.29014	.95698	.30319	.2983	8	52	.30680	.95177	.32235	.1022	8
53	.29042	.95690	.30350	.2948	7	53	.30708	.95168	.32267	.0991	7
54	.29070	.95681	.30382	.2914	6	54	.30736	.95159	.32299	.0960	6
55	0.29098	0.95673	0.30414	3.2879	5	55	0.30763	0.95150	0.32331	3.0930	5
56	.29126	.95664	.30446	.2845	4	56	.30791	.95141	.32363	.0899	4
57	.29154	.95656	.30478	.2811	3	57	.30819	.95132	.32395	.0868	3
58	.29181	.95647	.30509	.2777	2	58	.30846	.95124	.32428	.0838	2
59	.29209	.95639	.30541	.2742	1	59	.30874	.95115	.32460	.0807	1
60	0.29237	0.95630	0.30573	3.2708	0	60	0.30902	0.95106	0.32492	3.0777	0
	cos	sin	ctg	tg	73°		cos	sin	ctg	tg	72°

18°	sin	cos	tg	ctg		19°	sin	cos	tg	ctg	
0	0.30902	0.95106	0.32492	3.0777	60	0	0.32557	0.94552	0.34433	2.9042	60
1	.30929	.95097	.32524	.0746	59	1	.32584	.94542	.34465	.9015	59
2	.30957	.95088	.32556	.0716	58	2	.32612	.94533	.34498	.8987	58
3	.30985	.95079	.32588	.0686	57	3	.32639	.94523	.34530	.8960	57
4	.31012	.95070	.32621	.0655	56	4	.32667	.94514	.34563	.8933	56
5	0.31040	0.95061	0.32653	3.0625	55	5	0.32694	0.94504	0.34595	2.8905	55
6	.31068	.95051	.32685	.0595	54	6	.32722	.94495	.34628	.8878	54
7	.31095	.95042	.32717	.0565	53	7	.32749	.94485	.34661	.8851	53
8	.31123	.95033	.32749	.0535	52	8	.32777	.94476	.34693	.8824	52
9	.31150	.95024	.32782	.0505	51	9	.32804	.94466	.34726	.8797	51
10	0.31178	0.95015	0.32814	3.0475	50	10	0.32832	0.94457	0.34758	2.8770	50
11	.31206	.95006	.32846	.0445	49	11	.32859	.94447	.34791	.8743	49
12	.31233	.94997	.32878	.0415	48	12	.32887	.94438	.34824	.8716	48
13	.31261	.94988	.32910	.0385	47	13	.32914	.94428	.34856	.8689	47
14	.31289	.94979	.32943	.0356	46	14	.32942	.94418	.34889	.8662	46
15	0.31316	0.94970	0.32975	3.0326	45	15	0.32969	0.94409	0.34921	2.8636	45
16	.31344	.94961	.33007	.0296	44	16	.32996	.94399	.34954	.8609	44
17	.31372	.94952	.33039	.0267	43	17	.33024	.94390	.34987	.8582	43
18	.31399	.94942	.33072	.0237	42	18	.33051	.94380	.35019	.8555	42
19	.31427	.94933	.33104	.0208	41	19	.33079	.94370	.35052	.8529	41
20	0.31454	0.94924	0.33136	3.0178	40	20	0.33106	0.94361	0.35085	2.8502	40
21	.31482	.94915	.33169	.0149	39	21	.33134	.94351	.35117	.8476	39
22	.31510	.94906	.33201	.0120	38	22	.33161	.94341	.35150	.8449	38
23	.31537	.94897	.33233	.0090	37	23	.33189	.94332	.35183	.8423	37
24	.31565	.94888	.33265	.0061	36	24	.33216	.94322	.35215	.8396	36
25	0.31592	0.94878	0.33298	3.0032	35	25	0.33243	0.94313	0.35248	2.8370	35
26	.31620	.94869	.33330	.0003	34	26	.33271	.94303	.35281	.8344	34
27	.31648	.94860	.33362	2.9974	33	27	.33298	.94293	.35314	.8318	33
28	.31675	.94851	.33395	.9945	32	28	.33326	.94283	.35346	.8291	32
29	.31703	.94841	.33427	.9916	31	29	.33353	.94274	.35379	.8265	31
30	0.31730	0.94832	0.33459	2.9887	30	30	0.33381	0.94264	0.35412	2.8239	30
31	.31758	.94823	.33492	.9858	29	31	.33408	.94254	.35445	.8213	29
32	.31786	.94814	.33524	.9829	28	32	.33435	.94245	.35477	.8187	28
33	.31813	.94805	.33557	.9800	27	33	.33463	.94235	.35510	.8161	27
34	.31841	.94795	.33589	.9772	26	34	.33490	.94225	.35543	.8135	26
35	0.31868	0.94786	0.33621	2.9743	25	35	0.33518	0.94215	0.35576	2.8109	25
36	.31896	.94777	.33654	.9714	24	36	.33545	.94206	.35608	.8083	24
37	.31923	.94767	.33686	.9686	23	37	.33572	.94196	.35641	.8057	23
38	.31951	.94758	.33718	.9657	22	38	.33600	.94186	.35674	.8032	22
39	.31978	.94749	.33751	.9629	21	39	.33627	.94176	.35707	.8006	21
40	0.32006	0.94740	0.33783	2.9600	20	40	0.33655	0.94167	0.35739	2.7980	20
41	.32034	.94730	.33816	.9572	19	41	.33682	.94157	.35772	.7954	19
42	.32061	.94721	.33848	.9544	18	42	.33709	.94147	.35805	.7929	18
43	.32089	.94712	.33880	.9515	17	43	.33737	.94137	.35838	.7903	17
44	.32116	.94702	.33913	.9487	16	44	.33764	.94127	.35871	.7878	16
45	0.32144	0.94693	0.33945	2.9459	15	45	0.33792	0.94118	0.35904	2.7852	15
46	.32171	.94684	.33978	.9431	14	46	.33819	.94108	.35936	.7827	14
47	.32199	.94674	.34010	.9403	13	47	.33846	.94098	.35969	.7801	13
48	.32226	.94665	.34043	.9375	12	48	.33874	.94088	.36002	.7776	12
49	.32254	.94655	.34075	.9347	11	49	.33901	.94078	.36035	.7751	11
50	0.32282	0.94646	0.34108	2.9319	10	50	0.33928	0.94068	0.36068	2.7725	10
51	.32309	.94637	.34140	.9291	9	51	.33956	.94058	.36101	.7700	9
52	.32337	.94627	.34173	.9263	8	52	.33983	.94049	.36134	.7675	8
53	.32364	.94618	.34205	.9235	7	53	.34011	.94039	.36167	.7650	7
54	.32392	.94608	.34238	.9208	6	54	.34038	.94029	.36199	.7625	6
55	0.32419	0.94599	0.34270	2.9180	5	55	0.34065	0.94019	0.36232	2.7600	5
56	.32447	.94590	.34303	.9152	4	56	.34093	.94009	.36265	.7575	4
57	.32474	.94580	.34335	.9125	3	57	.34120	.93999	.36298	.7550	3
58	.32502	.94571	.34368	.9097	2	58	.34147	.93989	.36331	.7525	2
59	.32529	.94561	.34400	.9069	1	59	.34175	.93979	.36364	.7500	1
60	0.32557	0.94552	0.34433	2.9042	0	60	0.34202	0.93969	0.36397	2.7475	0
	cos	sin	ctg	tg	71°		cos	sin	ctg	tg	70°

20°	sin	cos	tg	ctg		21°	sin	cos	tg	ctg	
0	0.34202	0.93969	0.36397	2.7475	60	0	0.35837	0.93358	0.38386	2.6051	60
1	.34229	.93959	.36430	.7450	59	1	.35864	.93348	.38420	.6028	59
2	.34257	.93949	.36463	.7425	58	2	.35891	.93337	.38453	.6006	58
3	.34284	.93939	.36496	.7400	57	3	.35918	.93327	.38486	.5983	57
4	.34311	.93929	.36529	.7376	56	4	.35945	.93316	.38520	.5960	56
5	0.34339	0.93919	0.36562	2.7351	55	5	0.35972	0.93306	0.38553	2.5938	55
6	.34366	.93909	.36595	.7326	54	6	.36000	.93295	.38587	.5916	54
7	.34393	.93899	.36628	.7302	53	7	.36027	.93285	.38620	.5893	53
8	.34421	.93889	.36661	.7277	52	8	.36054	.93274	.38654	.5871	52
9	.34448	.93879	.36694	.7252	51	9	.36081	.93264	.38687	.5848	51
10	0.34475	0.93869	0.36727	2.7228	50	10	0.36108	0.93253	0.38720	2.5826	50
11	.34502	.93859	.36760	.7204	49	11	.36135	.93243	.38754	.5804	49
12	.34530	.93849	.36793	.7179	48	12	.36162	.93232	.38787	.5781	48
13	.34557	.93839	.36826	.7155	47	13	.36189	.93222	.38821	.5759	47
14	.34584	.93829	.36859	.7130	46	14	.36217	.93211	.38854	.5737	46
15	0.34612	0.93819	0.36892	2.7106	45	15	0.36244	0.93201	0.38888	2.5715	45
16	.34639	.93809	.36925	.7082	44	16	.36271	.93190	.38921	.5693	44
17	.34666	.93799	.36958	.7058	43	17	.36298	.93180	.38955	.5671	43
18	.34693	.93789	.36991	.7033	42	18	.36325	.93169	.38988	.5649	42
19	.34721	.93779	.37024	.7009	41	19	.36352	.93158	.39022	.5627	41
20	0.34748	0.93769	0.37057	2.6985	40	20	0.36379	0.93148	0.39055	2.5605	40
21	.34775	.93758	.37090	.6961	39	21	.36406	.93137	.39089	.5583	39
22	.34803	.93748	.37123	.6937	38	22	.36433	.93127	.39122	.5561	38
23	.34830	.93738	.37156	.6913	37	23	.36460	.93116	.39156	.5539	37
24	.34857	.93728	.37190	.6889	36	24	.36488	.93105	.39189	.5517	36
25	0.34884	0.93718	0.37223	2.6865	35	25	0.36515	0.93095	0.39223	2.5495	35
26	.34912	.93708	.37256	.6841	34	26	.36542	.93084	.39257	.5473	34
27	.34939	.93698	.37289	.6817	33	27	.36569	.93074	.39290	.5451	33
28	.34966	.93687	.37322	.6794	32	28	.36596	.93063	.39324	.5430	32
29	.34993	.93677	.37355	.6770	31	29	.36623	.93052	.39357	.5408	31
30	0.35021	0.93667	0.37388	2.6746	30	30	0.36650	0.93042	0.39391	2.5386	30
31	.35048	.93657	.37422	.6722	29	31	.36677	.93031	.39425	.5365	29
32	.35075	.93647	.37455	.6699	28	32	.36704	.93020	.39458	.5343	28
33	.35102	.93637	.37488	.6675	27	33	.36731	.93010	.39492	.5322	27
34	.35130	.93626	.37521	.6652	26	34	.36758	.92999	.39525	.5300	26
35	0.35157	0.93616	0.37554	2.6628	25	35	0.36785	0.92988	0.39559	2.5278	25
36	.35184	.93606	.37587	.6604	24	36	.36812	.92978	.39593	.5257	24
37	.35211	.93596	.37621	.6581	23	37	.36839	.92967	.39626	.5236	23
38	.35239	.93585	.37654	.6558	22	38	.36866	.92956	.39660	.5214	22
39	.35266	.93575	.37687	.6534	21	39	.36893	.92945	.39694	.5193	21
40	0.35293	0.93565	0.37720	2.6511	20	40	0.36921	0.92935	0.39727	2.5171	20
41	.35320	.93555	.37754	.6487	19	41	.36948	.92924	.39761	.5150	19
42	.35347	.93544	.37787	.6464	18	42	.36975	.92913	.39795	.5129	18
43	.35375	.93534	.37820	.6441	17	43	.37002	.92902	.39828	.5108	17
44	.35402	.93524	.37853	.6418	16	44	.37029	.92892	.39862	.5086	16
45	0.35429	0.93513	0.37887	2.6394	15	45	0.37056	0.92881	0.39896	2.5065	15
46	.35456	.93503	.37920	.6371	14	46	.37083	.92870	.39930	.5044	14
47	.35483	.93493	.37953	.6348	13	47	.37110	.92859	.39963	.5023	13
48	.35511	.93482	.37986	.6325	12	48	.37137	.92848	.39997	.5002	12
49	.35538	.93472	.38020	.6302	11	49	.37164	.92838	.40031	.4981	11
50	0.35565	0.93462	0.38053	2.6279	10	50	0.37191	0.92827	0.40065	2.4960	10
51	.35592	.93451	.38086	.6256	9	51	.37218	.92816	.40098	.4939	9
52	.35619	.93441	.38120	.6233	8	52	.37245	.92805	.40132	.4918	8
53	.35647	.93431	.38153	.6210	7	53	.37272	.92794	.40166	.4897	7
54	.35674	.93420	.38186	.6187	6	54	.37299	.92784	.40200	.4876	6
55	0.35701	0.93410	0.38220	2.6164	5	55	0.37326	0.92773	0.40233	2.4855	5
56	.35728	.93400	.38253	.6142	4	56	.37353	.92762	.40267	.4834	4
57	.35755	.93389	.38286	.6119	3	57	.37380	.92751	.40301	.4813	3
58	.35782	.93379	.38320	.6096	2	58	.37407	.92740	.40335	.4792	2
59	.35810	.93368	.38353	.6073	1	59	.37434	.92729	.40369	.4772	1
60	0.35837	0.93358	0.38386	2.6051	0	60	0.37461	0.92718	0.40403	2.4751	0
	cos	sin	ctg	tg	69°		cos	sin	ctg	tg	68°

22°	sin	cos	tg	ctg		23	sin	cos	tg	ctg	
0	0.37461	0.92718	0.40403	2.4751	60	0°	0.39073	0.92050	0.42447	2.3558	60
1	.37488	.92707	.40436	.4730	59	1	.39100	.92039	.42482	.3539	59
2	.37514	.92696	.40470	.4709	58	2	.39126	.92028	.42516	.3520	58
3	.37541	.92686	.40504	.4689	57	3	.39153	.92016	.42550	.3501	57
4	.37568	.92675	.40538	.4668	56	4	.39180	.92005	.42585	.3482	56
5	0.37595	0.92664	0.40572	2.4647	55	5	0.39207	0.91993	0.42619	2.3463	55
6	.37622	.92653	.40606	.4627	54	6	.39234	.91982	.42654	.3445	54
7	.37649	.92642	.40640	.4606	53	7	.39260	.91971	.42688	.3426	53
8	.37676	.92631	.40673	.4586	52	8	.39287	.91959	.42722	.3407	52
9	.37703	.92620	.40707	.4565	51	9	.39314	.91948	.42757	.3388	51
10	0.37730	0.92609	0.40741	2.4545	50	10	0.39341	0.91936	0.42791	2.3369	50
11	.37757	.92598	.40775	.4525	49	11	.39367	.91925	.42826	.3350	49
12	.37784	.92587	.40809	.4504	48	12	.39394	.91913	.42860	.3332	48
13	.37811	.92576	.40843	.4484	47	13	.39421	.91902	.42894	.3313	47
14	.37838	.92565	.40877	.4463	46	14	.39448	.91891	.42929	.3294	46
15	0.37865	0.92554	0.40911	2.4443	45	15	0.39474	0.91879	0.42963	2.3276	45
16	.37892	.92543	.40945	.4423	44	16	.39501	.91868	.42998	.3257	44
17	.37919	.92532	.40979	.4403	43	17	.39528	.91856	.43032	.3238	43
18	.37946	.92521	.41013	.4382	42	18	.39554	.91845	.43067	.3220	42
19	.37972	.92510	.41047	.4362	41	19	.39581	.91833	.43101	.3201	41
20	0.37999	0.92499	0.41081	2.4342	40	20	0.39608	0.91822	0.43136	2.3183	40
21	.38026	.92488	.41115	.4322	39	21	.39635	.91810	.43170	.3164	39
22	.38053	.92477	.41149	.4302	38	22	.39661	.91798	.43205	.3145	38
23	.38080	.92466	.41183	.4282	37	23	.39688	.91787	.43239	.3127	37
24	.38107	.92455	.41217	.4262	36	24	.39715	.91775	.43274	.3109	36
25	0.38134	0.92443	0.41251	2.4242	35	25	0.39741	0.91764	0.43308	2.3090	35
26	.38161	.92432	.41285	.4222	34	26	.39768	.91752	.43343	.3072	34
27	.38188	.92421	.41319	.4202	33	27	.39795	.91741	.43377	.3053	33
28	.38214	.92410	.41353	.4182	32	28	.39821	.91729	.43412	.3035	32
29	.38241	.92399	.41387	.4162	31	29	.39848	.91718	.43447	.3017	31
30	0.38268	0.92388	0.41421	2.4142	30	30	.39875	0.91706	0.43481	2.2998	30
31	.38295	.92377	.41455	.4122	29	31	.39901	.91694	.43516	.2980	29
32	.38322	.92366	.41489	.4102	28	32	.39928	.91683	.43550	.2962	28
33	.38349	.92354	.41524	.4083	27	33	.39955	.91671	.43585	.2944	27
34	.38376	.92343	.41558	.4063	26	34	.39981	.91659	.43620	.2925	26
35	0.38403	0.92332	0.41592	2.4043	25	35	0.40008	0.91648	0.43654	2.2907	25
36	.38429	.92321	.41626	.4023	24	36	.40035	.91636	.43689	.2889	24
37	.38456	.92310	.41660	.4004	23	37	.40061	.91625	.43723	.2871	23
38	.38483	.92299	.41694	.3984	22	38	.40088	.91613	.43758	.2853	22
39	.38510	.92287	.41728	.3964	21	39	.40115	.91601	.43793	.2835	21
40	0.38537	0.92276	0.41762	2.3945	20	40	0.40141	0.91590	0.43827	2.2817	20
41	.38564	.92265	.41797	.3925	19	41	.40168	.91578	.43862	.2799	19
42	.38591	.92254	.41831	.3906	18	42	.40195	.91566	.43897	.2781	18
43	.38617	.92242	.41865	.3886	17	43	.40221	.91554	.43932	.2763	17
44	.38644	.92231	.41899	.3867	16	44	.40248	.91543	.43966	.2745	16
45	0.38671	0.92220	0.41933	2.3847	15	45	0.40275	0.91531	0.44001	2.2727	15
46	.38698	.92209	.41968	.3828	14	46	.40301	.91519	.44036	.2709	14
47	.38725	.92197	.42002	.3808	13	47	.40328	.91508	.44070	.2691	13
48	.38751	.92186	.42036	.3789	12	48	.40354	.91496	.44105	.2673	12
49	.38778	.92175	.42070	.3770	11	49	.40381	.91484	.44140	.2655	11
50	0.38805	0.92164	0.42105	2.3750	10	50	0.40408	0.91472	0.44175	2.2637	10
51	.38832	.92152	.42139	.3731	9	51	.40434	.91461	.44209	.2619	9
52	.38859	.92141	.42173	.3712	8	52	.40461	.91449	.44244	.2602	8
53	.38886	.92130	.42207	.3692	7	53	.40487	.91437	.44279	.2584	7
54	.38912	.92118	.42242	.3673	6	54	.40514	.91425	.44314	.2566	6
55	0.38939	0.92107	0.42276	2.3654	5	55	0.40541	0.91414	0.44349	2.2548	5
56	.38966	.92096	.42310	.3635	4	56	.40567	.91402	.44383	.2531	4
57	.38993	.92084	.42344	.3616	3	57	.40594	.91390	.44418	.2513	3
58	.39019	.92073	.42379	.3597	2	58	.40620	.91378	.44453	.2495	2
59	.39046	.92062	.42413	.3577	1	59	.40647	.91366	.44488	.2478	1
60	0.39073	0.92050	0.42447	2.3558	0°	60	0.40674	0.91354	0.44523	2.2460	0°
	cos	sin	ctg	tg	67°		cos	sin	ctg	tg	66°

24°	sin	cos	tg	ctg		25°	sin	cos	tg	ctg	
0	0.40674	0.91354	0.44523	2.2460	60	0	0.42262	0.90631	0.46631	2.1445	60
1	.40700	.91343	.44558	.2443	59	1	.42288	.90618	.46666	.1429	59
2	.40727	.91331	.44593	.2425	58	2	.42314	.90606	.46702	.1412	58
3	.40753	.91319	.44627	.2408	57	3	.42341	.90594	.46737	.1396	57
4	.40780	.91307	.44662	.2390	56	4	.42367	.90581	.46772	.1380	56
5	0.40806	0.91295	0.44697	2.2373	55	5	0.42394	0.90569	0.46808	2.1364	55
6	.40833	.91283	.44732	.2355	54	6	.42420	.90557	.46843	.1348	54
7	.40860	.91271	.44767	.2338	53	7	.42446	.90544	.46879	.1331	53
8	.40886	.91260	.44802	.2320	52	8	.42473	.90532	.46914	.1315	52
9	.40913	.91248	.44837	.2303	51	9	.42499	.90520	.46950	.1299	51
10	0.40939	0.91236	0.44872	2.2286	50	10	0.42525	0.90507	0.46985	2.1283	50
11	.40966	.91224	.44907	.2268	49	11	.42552	.90495	.47021	.1267	49
12	.40992	.91212	.44942	.2251	48	12	.42578	.90483	.47056	.1251	48
13	.41019	.91200	.44977	.2234	47	13	.42604	.90470	.47092	.1235	47
14	.41045	.91188	.45012	.2216	46	14	.42630	.90458	.47127	.1219	46
15	0.41072	0.91176	0.45047	2.2199	45	15	0.42657	0.90445	0.47163	2.1203	45
16	.41098	.91164	.45082	.2182	44	16	.42683	.90433	.47199	.1187	44
17	.41125	.91152	.45117	.2165	43	17	.42709	.90421	.47234	.1171	43
18	.41151	.91140	.45152	.2147	42	18	.42736	.90408	.47270	.1155	42
19	.41178	.91128	.45187	.2130	41	19	.42762	.90396	.47305	.1139	41
20	0.41204	0.91116	0.45222	2.2113	40	20	0.42788	0.90383	0.47341	2.1123	40
21	.41231	.91104	.45257	.2096	39	21	.42815	.90371	.47376	.1107	39
22	.41257	.91092	.45292	.2079	38	22	.42841	.90358	.47412	.1092	38
23	.41284	.91080	.45327	.2062	37	23	.42867	.90346	.47448	.1076	37
24	.41310	.91068	.45362	.2045	36	24	.42893	.90333	.47483	.1060	36
25	0.41337	0.91056	0.45397	2.2028	35	25	0.42920	0.90321	0.47519	2.1044	35
26	.41363	.91044	.45432	.2011	34	26	.42946	.90308	.47555	.1028	34
27	.41390	.91032	.45467	.1994	33	27	.42972	.90296	.47590	.1013	33
28	.41416	.91020	.45502	.1977	32	28	.42998	.90283	.47626	.0997	32
29	.41443	.91008	.45537	.1960	31	29	.43025	.90271	.47662	.0981	31
30	0.41469	0.90996	0.45573	2.1943	30	30	0.43051	0.90258	0.47697	2.0965	30
31	.41496	.90984	.45608	.1926	29	31	.43077	.90246	.47733	.0950	29
32	.41522	.90972	.45643	.1909	28	32	.43104	.90233	.47769	.0934	28
33	.41549	.90960	.45678	.1892	27	33	.43130	.90221	.47805	.0918	27
34	.41575	.90948	.45713	.1875	26	34	.43156	.90208	.47840	.0903	26
35	0.41602	0.90936	0.45748	2.1859	25	35	0.43182	0.90196	0.47876	2.0887	25
36	.41628	.90924	.45783	.1842	24	36	.43208	.90183	.47912	.0872	24
37	.41654	.90911	.45819	.1825	23	37	.43235	.90171	.47948	.0856	23
38	.41681	.90899	.45854	.1808	22	38	.43261	.90158	.47983	.0840	22
39	.41707	.90887	.45889	.1792	21	39	.43287	.90145	.48019	.0825	21
40	0.41734	0.90875	0.45924	2.1775	20	40	0.43313	0.90133	0.48055	2.0809	20
41	.41760	.90863	.45960	.1758	19	41	.43340	.90120	.48091	.0794	19
42	.41787	.90851	.45995	.1741	18	42	.43366	.90108	.48127	.0778	18
43	.41813	.90839	.46030	.1725	17	43	.43392	.90095	.48162	.0763	17
44	.41839	.90826	.46065	.1708	16	44	.43418	.90082	.48198	.0747	16
45	0.41866	0.90814	0.46101	2.1692	15	45	0.43444	0.90070	0.48234	2.0732	15
46	.41892	.90802	.46136	.1675	14	46	.43471	.90057	.48270	.0717	14
47	.41919	.90790	.46171	.1658	13	47	.43497	.90044	.48306	.0701	13
48	.41945	.90778	.46206	.1642	12	48	.43523	.90032	.48342	.0686	12
49	.41972	.90765	.46242	.1625	11	49	.43549	.90019	.48378	.0671	11
50	0.41998	0.90753	0.46277	2.1609	10	50	0.43575	0.90006	0.48414	2.0655	10
51	.42024	.90741	.46312	.1592	9	51	.43602	.89994	.48449	.0640	9
52	.42051	.90729	.46348	.1576	8	52	.43628	.89981	.48485	.0625	8
53	.42077	.90717	.46383	.1559	7	53	.43654	.89968	.48521	.0609	7
54	.42103	.90704	.46418	.1543	6	54	.43680	.89956	.48557	.0594	6
55	0.42130	0.90692	0.46454	2.1527	5	55	0.43706	0.89943	0.48593	2.0579	5
56	.42156	.90680	.46489	.1510	4	56	.43732	.89930	.48629	.0564	4
57	.42183	.90668	.46524	.1494	3	57	.43759	.89918	.48665	.0548	3
58	.42209	.90655	.46560	.1478	2	58	.43785	.89905	.48701	.0533	2
59	.42235	.90643	.46595	.1461	1	59	.43811	.89892	.48737	.0518	1
60	0.42262	0.90631	0.46631	2.1445	0	60	0.43837	0.89879	0.48773	2.0503	0
	cos	sin	ctg	tg	65°		cos	sin	ctg	tg	64°

26°	sin	cos	tg	ctg		27°	sin	cos	tg	ctg	
0'	0.43837	0.89879	0.48773	2.0503	60	0	0.45399	0.89101	0.50952	1.9626	60
1	.43863	.89867	.48809	.0488	59	1	.45425	.89087	.50989	.9612	59
2	.43889	.89854	.48845	.0473	58	2	.45451	.89074	.51026	.9598	58
3	.43915	.89841	.48881	.0458	57	3	.45477	.89061	.51062	.9584	57
4	.43942	.89828	.48917	.0443	56	4	.45503	.89048	.51099	.9570	56
5	0.43968	0.89815	0.48953	2.0427	55	5	0.45528	0.89034	0.51136	1.9556	55
6	.43994	.89803	.48989	.0412	54	6	.45554	.89021	.51172	.9542	54
7	.44020	.89790	.49025	.0397	53	7	.45580	.89008	.51209	.9528	53
8	.44046	.89777	.49062	.0382	52	8	.45606	.88995	.51246	.9514	52
9	.44072	.89764	.49098	.0367	51	9	.45632	.88981	.51283	.9500	51
10	0.44098	0.89751	0.49134	2.0352	50	10	0.45658	0.88968	0.51319	1.9486	50
11	.44124	.89739	.49170	.0338	49	11	.45684	.88955	.51356	.9472	49
12	.44150	.89726	.49206	.0323	48	12	.45710	.88942	.51393	.9458	48
13	.44177	.89713	.49242	.0308	47	13	.45736	.88928	.51430	.9444	47
14	.44203	.89700	.49278	.0293	46	14	.45761	.88915	.51466	.9430	46
15	0.44229	0.89687	0.49314	2.0278	45	15	0.45787	0.88902	0.51503	1.9416	45
16	.44255	.89674	.49351	.0263	44	16	.45813	.88888	.51540	.9402	44
17	.44281	.89661	.49387	.0248	43	17	.45839	.88875	.51577	.9388	43
18	.44307	.89649	.49423	.0233	42	18	.45865	.88862	.51614	.9375	42
19	.44333	.89636	.49459	.0219	41	19	.45891	.88848	.51651	.9361	41
20	0.44359	0.89623	0.49495	2.0204	40	20	0.45917	0.88835	0.51687	1.9347	40
21	.44385	.89610	.49532	.0189	39	21	.45942	.88822	.51724	.9333	39
22	.44411	.89597	.49568	.0174	38	22	.45968	.88808	.51761	.9319	38
23	.44437	.89584	.49604	.0159	37	23	.45994	.88795	.51798	.9306	37
24	.44463	.89571	.49640	.0145	36	24	.46020	.88781	.51835	.9292	36
25	0.44489	0.89558	0.49677	2.0130	35	25	0.46046	0.88768	0.51872	1.9278	35
26	.44516	.89545	.49713	.0115	34	26	.46072	.88755	.51909	.9264	34
27	.44542	.89532	.49749	.0101	33	27	.46097	.88741	.51946	.9251	33
28	.44568	.89519	.49785	.0086	32	28	.46123	.88728	.51983	.9237	32
29	.44594	.89506	.49822	.0071	31	29	.46149	.88714	.52020	.9223	31
30	0.44620	0.89493	0.49858	2.0057	30	30	0.46175	0.88701	0.52057	1.9210	30
31	.44646	.89480	.49894	.0042	29	31	.46201	.88688	.52094	.9196	29
32	.44672	.89467	.49931	.0028	28	32	.46226	.88674	.52131	.9182	28
33	.44698	.89454	.49967	.0013	27	33	.46252	.88661	.52168	.9169	27
34	.44724	.89441	.50003	1.9998	26	34	.46278	.88647	.52205	.9155	26
35	0.44750	0.89428	0.50040	1.9984	25	35	0.46304	0.88634	0.52242	1.9142	25
36	.44776	.89415	.50076	.9969	24	36	.46330	.88620	.52279	.9128	24
37	.44802	.89402	.50113	.9955	23	37	.46355	.88607	.52316	.9115	23
38	.44828	.89389	.50149	.9940	22	38	.46381	.88593	.52353	.9101	22
39	.44854	.89376	.50185	.9926	21	39	.46407	.88580	.52390	.9088	21
40	0.44880	0.89363	0.50222	1.9912	20	40	0.46433	0.88566	0.52427	1.9074	20
41	.44906	.89350	.50258	.9897	19	41	.46458	.88553	.52464	.9061	19
42	.44932	.89337	.50295	.9883	18	42	.46484	.88539	.52501	.9047	18
43	.44958	.89324	.50331	.9868	17	43	.46510	.88526	.52538	.9034	17
44	.44984	.89311	.50368	.9854	16	44	.46536	.88512	.52575	.9020	16
45	0.45010	0.89298	0.50404	1.9840	15	45	0.46561	0.88499	0.52612	1.9007	15
46	.45036	.89285	.50441	.9825	14	46	.46587	.88485	.52650	.8993	14
47	.45062	.89272	.50477	.9811	13	47	.46613	.88472	.52687	.8980	13
48	.45088	.89258	.50514	.9797	12	48	.46639	.88458	.52724	.8967	12
49	.45114	.89245	.50550	.9782	11	49	.46664	.88444	.52761	.8953	11
50	0.45140	0.89232	0.50587	1.9768	10	50	0.46690	0.88431	0.52798	1.8940	10
51	.45166	.89219	.50623	.9754	9	51	.46716	.88417	.52836	.8927	9
52	.45191	.89206	.50660	.9739	8	52	.46741	.88404	.52873	.8913	8
53	.45217	.89193	.50696	.9725	7	53	.46767	.88390	.52910	.8900	7
54	.45243	.89180	.50733	.9711	6	54	.46793	.88376	.52947	.8887	6
55	0.45269	0.89166	0.50769	1.9697	5	55	0.46819	0.88363	0.52984	1.8873	5
56	.45295	.89153	.50806	.9683	4	56	.46844	.88349	.53022	.8860	4
57	.45321	.89140	.50843	.9668	3	57	.46870	.88336	.53059	.8847	3
58	.45347	.89127	.50879	.9654	2	58	.46896	.88322	.53096	.8834	2
59	.45373	.89114	.50916	.9640	1	59	.46921	.88308	.53134	.8820	1
60	0.45399	0.89101	0.50952	1.9626	0'	60	0.46947	0.88295	0.53171	1.8807	0'
	cos	sin	ctg	tg	63°		cos	sin	ctg	tg	63°

28°	sin	cos	tg	ctg		29°	sin	cos	tg	ctg	
0	0.46947	0.88295	0.53171	1.8807	60	0'	0.48481	0.87462	0.55431	1.8040	60
1	.46973	.88281	.53200	.8794	59	1	.48506	.87448	.55469	.8028	59
2	.46998	.88267	.53245	.8781	58	2	.48532	.87434	.55507	.8016	58
3	.47024	.88254	.53283	.8768	57	3	.48557	.87420	.55545	.8003	57
4	.47050	.88240	.53320	.8754	56	4	.48583	.87405	.55583	.7991	56
5	0.47075	0.88226	0.53358	1.8741	55	5	0.48608	0.87391	0.55621	1.7979	55
6	.47101	.88213	.53395	.8728	54	6	.48633	.87377	.55659	.7966	54
7	.47127	.88199	.53432	.8715	53	7	.48659	.87363	.55697	.7954	53
8	.47152	.88185	.53470	.8702	52	8	.48684	.87349	.55735	.7942	52
9	.47178	.88171	.53507	.8689	51	9	.48710	.87335	.55774	.7930	51
10	0.47204	0.88158	0.53545	1.8676	50	10	0.48735	0.87320	0.55812	1.7917	50
11	.47229	.88144	.53582	.8663	49	11	.48760	.87306	.55850	.7905	49
12	.47255	.88130	.53619	.8650	48	12	.48786	.87292	.55888	.7893	48
13	.47281	.88117	.53657	.8637	47	13	.48811	.87278	.55926	.7881	47
14	.47306	.88103	.53694	.8624	46	14	.48837	.87264	.55964	.7868	46
15	0.47332	0.88089	0.53732	1.8611	45	15	0.48862	0.87250	0.56003	1.7856	45
16	.47357	.88075	.53769	.8598	44	16	.48887	.87235	.56041	.7844	44
17	.47383	.88061	.53807	.8585	43	17	.48913	.87221	.56079	.7832	43
18	.47409	.88048	.53844	.8572	42	18	.48938	.87207	.56117	.7820	42
19	.47434	.88034	.53882	.8559	41	19	.48964	.87193	.56156	.7808	41
20	0.47460	0.88020	0.53919	1.8546	40	20	0.48989	0.87178	0.56194	1.7795	40
21	.47486	.88006	.53957	.8533	39	21	.49014	.87164	.56232	.7783	39
22	.47511	.87992	.53995	.8520	38	22	.49040	.87150	.56270	.7771	38
23	.47537	.87979	.54032	.8507	37	23	.49065	.87136	.56309	.7759	37
24	.47562	.87965	.54070	.8495	36	24	.49090	.87121	.56347	.7747	36
25	0.47588	0.87951	0.54107	1.8482	35	25	0.49116	0.87107	0.56385	1.7735	35
26	.47613	.87937	.54145	.8469	34	26	.49141	.87093	.56424	.7723	34
27	.47639	.87923	.54183	.8456	33	27	.49166	.87078	.56462	.7711	33
28	.47665	.87909	.54220	.8443	32	28	.49192	.87064	.56500	.7699	32
29	.47690	.87895	.54258	.8430	31	29	.49217	.87050	.56539	.7687	31
30	0.47716	0.87882	0.54295	1.8418	30	30	0.49242	0.87035	0.56577	1.7675	30
31	.47741	.87868	.54333	.8405	29	31	.49268	.87021	.56616	.7663	29
32	.47767	.87854	.54371	.8392	28	32	.49293	.87007	.56654	.7651	28
33	.47792	.87840	.54409	.8379	27	33	.49318	.86992	.56692	.7639	27
34	.47818	.87826	.54446	.8367	26	34	.49343	.86978	.56731	.7627	26
35	0.47844	0.87812	0.54484	1.8354	25	35	0.49369	0.86964	0.56769	1.7615	25
36	.47869	.87798	.54522	.8341	24	36	.49394	.86949	.56808	.7603	24
37	.47895	.87784	.54559	.8329	23	37	.49419	.86935	.56846	.7591	23
38	.47920	.87770	.54597	.8316	22	38	.49445	.86921	.56885	.7579	22
39	.47946	.87756	.54635	.8303	21	39	.49470	.86906	.56923	.7567	21
40	0.47971	0.87742	0.54673	1.8291	20	40	0.49495	0.86892	0.56962	1.7555	20
41	.47997	.87728	.54711	.8278	19	41	.49521	.86877	.57000	.7544	19
42	.48022	.87715	.54748	.8265	18	42	.49546	.86863	.57039	.7532	18
43	.48048	.87701	.54786	.8253	17	43	.49571	.86849	.57077	.7520	17
44	.48073	.87687	.54824	.8240	16	44	.49596	.86834	.57116	.7508	16
45	0.48099	0.87673	0.54862	1.8227	15	45	0.49622	0.86820	0.57155	1.7496	15
46	.48124	.87659	.54900	.8215	14	46	.49647	.86805	.57193	.7484	14
47	.48150	.87645	.54937	.8202	13	47	.49672	.86791	.57232	.7473	13
48	.48175	.87631	.54975	.8190	12	48	.49697	.86776	.57270	.7461	12
49	.48201	.87617	.55013	.8177	11	49	.49723	.86762	.57309	.7449	11
50	0.48226	0.87603	0.55051	1.8165	10	50	0.49748	0.86748	0.57348	1.7437	10
51	.48252	.87588	.55089	.8152	9	51	.49773	.86733	.57386	.7426	9
52	.48277	.87574	.55127	.8140	8	52	.49798	.86719	.57425	.7414	8
53	.48303	.87560	.55165	.8127	7	53	.49823	.86704	.57464	.7402	7
54	.48328	.87546	.55203	.8115	6	54	.49849	.86690	.57502	.7390	6
55	0.48354	0.87532	0.55241	1.8102	5	55	0.49874	0.86675	0.57541	1.7379	5
56	.48379	.87518	.55279	.8090	4	56	.49899	.86661	.57580	.7367	4
57	.48405	.87504	.55317	.8078	3	57	.49924	.86646	.57619	.7355	3
58	.48430	.87490	.55355	.8065	2	58	.49950	.86632	.57657	.7344	2
59	.48455	.87476	.55393	.8053	1	59	.49975	.86617	.57696	.7332	1
60	0.48481	0.87462	0.55431	1.8040	0'	60	0.50000	0.86603	0.57735	1.7320	0'
	cos	sin	ctg	tg	61°		cos	sin	ctg	tg	60°

30°	sin	cos	tg	ctg		31°	sin	cos	tg	ctg	
0′	0.50000	0.86603	0.57735	1.7320	60	0′	0.51504	0.85717	0.60086	1.6643	60
1	.50025	.86588	.57774	.7309	59	1	.51529	.85702	.60126	.6632	59
2	.50050	.86573	.57813	.7297	58	2	.51554	.85687	.60165	.6621	58
3	.50075	.86559	.57851	.7286	57	3	.51578	.85672	.60205	.6610	57
4	.50101	.86544	.57890	.7274	56	4	.51603	.85657	.60244	.6599	56
5	0.50126	0.86530	0.57929	1.7262	55	5	0.51628	0.85642	0.60284	1.6588	55
6	.50151	.86515	.57968	.7251	54	6	.51653	.85627	.60324	.6577	54
7	.50176	.86500	.58007	.7239	53	7	.51678	.85612	.60363	.6566	53
8	.50201	.86486	.58046	.7228	52	8	.51703	.85597	.60403	.6555	52
9	.50226	.86471	.58085	.7216	51	9	.51728	.85582	.60443	.6544	51
10	0.50252	0.86457	0.58123	1.7205	50	10	0.51753	0.85566	0.60483	1.6534	50
11	.50277	.86442	.58162	.7193	49	11	.51778	.85551	.60522	.6523	49
12	.50302	.86427	.58201	.7182	48	12	.51803	.85536	.60562	.6512	48
13	.50327	.86413	.58240	.7170	47	13	.51827	.85521	.60602	.6501	47
14	.50352	.86398	.58279	.7159	46	14	.51852	.85506	.60642	.6490	46
15	0.50377	0.86383	0.58318	1.7147	45	15	0.51877	0.85491	0.60681	1.6479	45
16	.50402	.86369	.58357	.7136	44	16	.51902	.85476	.60721	.6469	44
17	.50428	.86354	.58396	.7124	43	17	.51927	.85461	.60761	.6458	43
18	.50453	.86339	.58435	.7113	42	18	.51952	.85446	.60801	.6447	42
19	.50478	.86325	.58474	.7101	41	19	.51977	.85431	.60841	.6436	41
20	0.50503	0.86310	0.58513	1.7090	40	20	0.52002	0.85416	0.60881	1.6425	40
21	.50528	.86295	.58552	.7079	39	21	.52026	.85400	.60920	.6415	39
22	.50553	.86281	.58591	.7067	38	22	.52051	.85385	.60960	.6404	38
23	.50578	.86266	.58630	.7056	37	23	.52076	.85370	.61000	.6393	37
24	.50603	.86251	.58670	.7044	36	24	.52101	.85355	.61040	.6383	36
25	0.50628	0.86237	0.58709	1.7033	35	25	0.52126	0.85340	0.61080	1.6372	35
26	.50653	.86222	.58748	.7022	34	26	.52151	.85325	.61120	.6361	34
27	.50679	.86207	.58787	.7010	33	27	.52175	.85309	.61160	.6350	33
28	.50704	.86192	.58826	.6999	32	28	.52200	.85294	.61200	.6340	32
29	.50729	.86178	.58865	.6988	31	29	.52225	.85279	.61240	.6329	31
30	0.50754	0.86163	0.58904	1.6977	30	30	0.52250	0.85264	0.61280	1.6318	30
31	.50779	.86148	.58944	.6965	29	31	.52275	.85249	.61320	.6308	29
32	.50804	.86133	.58983	.6954	28	32	.52299	.85234	.61360	.6297	28
33	.50829	.86118	.59022	.6943	27	33	.52324	.85218	.61400	.6286	27
34	.50854	.86104	.59061	.6931	26	34	.52349	.85203	.61440	.6276	26
35	0.50879	0.86089	0.59100	1.6920	25	35	0.52374	0.85188	0.61480	1.6265	25
36	.50904	.86074	.59140	.6909	24	36	.52398	.85173	.61520	.6255	24
37	.50929	.86059	.59179	.6898	23	37	.52423	.85157	.61560	.6244	23
38	.50954	.86044	.59218	.6887	22	38	.52448	.85142	.61601	.6233	22
39	.50979	.86030	.59258	.6875	21	39	.52473	.85127	.61641	.6223	21
40	0.51004	0.86015	0.59297	1.6864	20	40	0.52498	0.85112	0.61681	1.6212	20
41	.51029	.86000	.59336	.6853	19	41	.52522	.85096	.61721	.6202	19
42	.51054	.85985	.59376	.6842	18	42	.52547	.85081	.61761	.6191	18
43	.51079	.85970	.59415	.6831	17	43	.52572	.85066	.61801	.6181	17
44	.51104	.85955	.59454	.6820	16	44	.52597	.85050	.61842	.6170	16
45	0.51129	0.85941	0.59494	1.6808	15	45	0.52621	0.85035	0.61882	1.6160	15
46	.51154	.85926	.59533	.6797	14	46	.52646	.85020	.61922	.6149	14
47	.51179	.85911	.59572	.6786	13	47	.52671	.85004	.61962	.6139	13
48	.51204	.85896	.59612	.6775	12	48	.52695	.84989	.62003	.6128	12
49	.51229	.85881	.59651	.6764	11	49	.52720	.84974	.62043	.6118	11
50	0.51254	0.85866	0.59691	1.6753	10	50	0.52745	0.84959	0.62083	1.6107	10
51	.51279	.85851	.59730	.6742	9	51	.52770	.84943	.62123	.6097	9
52	.51304	.85836	.59770	.6731	8	52	.52794	.84928	.62164	.6086	8
53	.51329	.85821	.59809	.6720	7	53	.52819	.84912	.62204	.6076	7
54	.51354	.85806	.59849	.6709	6	54	.52844	.84897	.62244	.6066	6
55	0.51379	0.85791	0.59888	1.6698	5	55	0.52868	0.84882	0.62285	1.6055	5
56	.51404	.85777	.59928	.6687	4	56	.52893	.84866	.62325	.6045	4
57	.51429	.85762	.59967	.6676	3	57	.52918	.84851	.62366	.6034	3
58	.51454	.85747	.60007	.6665	2	58	.52942	.84836	.62406	.6024	2
59	.51479	.85732	.60046	.6654	1	59	.52967	.84820	.62446	.6014	1
60	0.51504	0.85717	0.60086	1.6643	0	60	0.52992	0.84805	0.62487	1.6003	0′
	cos	sin	ctg	tg	59°		cos	sin	ctg	tg	58°

32°	sin	cos	tg	ctg		33°	sin	cos	tg	ctg	
0	0.52992	0.84805	0.62487	1.6003	60	0	0.54464	0.83867	0.64941	1.5399	60
1	.53016	.84789	.62527	.5993	59	1	.54488	.83851	.64982	.5389	59
2	.53041	.84774	.62568	.5983	58	2	.54513	.83835	.65023	.5379	58
3	.53066	.84758	.62608	.5972	57	3	.54537	.83819	.65065	.5369	57
4	.53090	.84743	.62649	.5962	56	4	.54561	.83804	.65106	.5359	56
5	0.53115	0.84728	0.62689	1.5952	55	5	0.54586	0.83788	0.65148	1.5350	55
6	.53140	.84712	.62730	.5941	54	6	.54610	.83772	.65189	.5340	54
7	.53164	.84697	.62770	.5931	53	7	.54634	.83756	.65231	.5330	53
8	.53189	.84681	.62811	.5921	52	8	.54659	.83740	.65272	.5320	52
9	.53214	.84666	.62851	.5910	51	9	.54683	.83724	.65314	.5311	51
10	0.53238	0.84650	0.62892	1.5900	50	10	0.54708	0.83708	0.65355	1.5301	50
11	.53263	.84635	.62933	.5890	49	11	.54732	.83692	.65397	.5291	49
12	.53288	.84619	.62973	.5880	48	12	.54756	.83676	.65438	.5282	48
13	.53312	.84604	.63014	.5869	47	13	.54781	.83660	.65480	.5272	47
14	.53337	.84588	.63055	.5859	46	14	.54805	.83644	.65521	.5262	46
15	0.53361	0.84573	0.63095	1.5849	45	15	0.54829	0.83629	0.65563	1.5252	45
16	.53386	.84557	.63136	.5839	44	16	.54854	.83613	.65604	.5243	44
17	.53411	.84542	.63177	.5829	43	17	.54878	.83597	.65646	.5233	43
18	.53435	.84526	.63217	.5818	42	18	.54902	.83581	.65688	.5223	42
19	.53460	.84511	.63258	.5808	41	19	.54926	.83565	.65729	.5214	41
20	0.53484	0.84495	0.63299	1.5798	40	20	0.54951	0.83549	0.65771	1.5204	40
21	.53509	.84479	.63339	.5788	39	21	.54975	.83533	.65813	.5195	39
22	.53533	.84464	.63380	.5778	38	22	.54999	.83517	.65854	.5185	38
23	.53558	.84448	.63421	.5768	37	23	.55024	.83501	.65896	.5175	37
24	.53583	.84433	.63462	.5757	36	24	.55048	.83485	.65938	.5166	36
25	0.53607	0.84417	0.63503	1.5747	35	25	0.55072	0.83469	0.65980	1.5156	35
26	.53632	.84402	.63543	.5737	34	26	.55097	.83453	.66021	.5147	34
27	.53656	.84386	.63584	.5727	33	27	.55121	.83437	.66063	.5137	33
28	.53681	.84370	.63625	.5717	32	28	.55145	.83421	.66105	.5127	32
29	.53705	.84355	.63666	.5707	31	29	.55169	.83405	.66147	.5118	31
30	0.53730	0.84339	0.63707	1.5697	30	30	0.55194	0.83388	0.66188	1.5108	30
31	.53754	.84323	.63748	.5687	29	31	.55218	.83372	.66230	.5099	29
32	.53779	.84308	.63789	.5677	28	32	.55242	.83356	.66272	.5089	28
33	.53803	.84292	.63830	.5667	27	33	.55266	.83340	.66314	.5080	27
34	.53828	.84276	.63871	.5657	26	34	.55291	.83324	.66356	.5070	26
35	0.53852	0.84261	0.63912	1.5646	25	35	0.55315	0.83308	0.66398	1.5061	25
36	.53877	.84245	.63953	.5636	24	36	.55339	.83292	.66440	.5051	24
37	.53901	.84229	.63994	.5626	23	37	.55363	.83276	.66482	.5042	23
38	.53926	.84214	.64035	.5616	22	38	.55388	.83260	.66524	.5032	22
39	.53950	.84198	.64076	.5606	21	39	.55412	.83244	.66566	.5023	21
40	0.53975	0.84182	0.64117	1.5596	20	40	0.55436	0.83228	0.66608	1.5013	20
41	.53999	.84167	.64158	.5586	19	41	.55460	.83211	.66650	.5004	19
42	.54024	.84151	.64199	.5577	18	42	.55484	.83195	.66692	.4994	18
43	.54048	.84135	.64240	.5567	17	43	.55509	.83179	.66734	.4985	17
44	.54073	.84120	.64281	.5557	16	44	.55533	.83163	.66776	.4975	16
45	0.54097	0.84104	0.64322	1.5547	15	45	0.55557	0.83147	0.66818	1.4966	15
46	.54122	.84088	.64363	.5537	14	46	.55581	.83131	.66860	.4957	14
47	.54146	.84072	.64404	.5527	13	47	.55605	.83115	.66902	.4947	13
48	.54171	.84057	.64446	.5517	12	48	.55629	.83098	.66944	.4938	12
49	.54195	.84041	.64487	.5507	11	49	.55654	.83082	.66986	.4928	11
50	0.54220	0.84025	0.64528	1.5497	10	50	0.55678	0.83066	0.67028	1.4919	10
51	.54244	.84009	.64569	.5487	9	51	.55702	.83050	.67071	.4910	9
52	.54268	.83993	.64610	.5477	8	52	.55726	.83034	.67113	.4900	8
53	.54293	.83978	.64652	.5467	7	53	.55750	.83017	.67155	.4891	7
54	.54317	.83962	.64693	.5458	6	54	.55774	.83001	.67197	.4881	6
55	0.54342	0.83946	0.64734	1.5448	5	55	0.55799	0.82985	0.67239	1.4872	5
56	.54366	.83930	.64775	.5438	4	56	.55823	.82969	.67282	.4863	4
57	.54391	.83914	.64817	.5428	3	57	.55847	.82952	.67324	.4853	3
58	.54415	.83899	.64858	.5418	2	58	.55871	.82936	.67366	.4844	2
59	.54439	.83883	.64899	.5408	1	59	.55895	.82920	.67408	.4835	1
60	0.54464	0.83867	0.64941	1.5399	0	60	0.55919	0.82904	0.67451	1.4826	0
	cos	sin	ctg	tg	57°		cos	sin	ctg	tg	66°

34°	sin	cos	tg	ctg		35°	sin	cos	tg	ctg	
0'	0.55919	0.82904	0.67451	1.4826	60	0'	0.57358	0.81915	0.70021	1.4281	60
1	.55943	.82887	.67493	.4816	59	1	.57381	.81898	.70064	.4273	59
2	.55967	.82871	.67535	.4807	58	2	.57405	.81882	.70107	.4264	58
3	.55992	.82855	.67578	.4798	57	3	.57429	.81865	.70151	.4255	57
4	.56016	.82839	.67620	.4788	56	4	.57453	.81848	.70194	.4246	56
5	0.56040	0.82822	0.67663	1.4779	55	5	0.57477	0.81832	0.70238	1.4237	55
6	.56064	.82806	.67705	.4770	54	6	.57500	.81815	.70281	.4228	54
7	.56088	.82790	.67747	.4761	53	7	.57524	.81798	.70325	.4220	53
8	.56112	.82773	.67790	.4751	52	8	.57548	.81781	.70368	.4211	52
9	.56136	.82757	.67832	.4742	51	9	.57572	.81765	.70412	.4202	51
10	0.56160	0.82741	0.67875	1.4733	50	10	0.57596	0.81748	0.70455	1.4193	50
11	.56184	.82724	.67917	.4724	49	11	.57619	.81731	.70499	.4185	49
12	.56208	.82708	.67960	.4714	48	12	.57643	.81714	.70542	.4176	48
13	.56232	.82692	.68002	.4705	47	13	.57667	.81698	.70586	.4167	47
14	.56256	.82675	.68045	.4696	46	14	.57691	.81681	.70629	.4158	46
15	0.56280	0.82659	0.68087	1.4687	45	15	0.57714	0.81664	0.70673	1.4150	45
16	.56304	.82643	.68130	.4678	44	16	.57738	.81647	.70717	.4141	44
17	.56328	.82626	.68173	.4669	43	17	.57762	.81630	.70760	.4132	43
18	.56353	.82610	.68215	.4659	42	18	.57786	.81614	.70804	.4123	42
19	.56377	.82593	.68258	.4650	41	19	.57809	.81597	.70848	.4115	41
20	0.56401	0.82577	0.68301	1.4641	40	20	0.57833	0.81580	0.70891	1.4106	40
21	.56425	.82561	.68343	.4632	39	21	.57857	.81563	.70935	.4097	39
22	.56449	.82544	.68386	.4623	38	22	.57881	.81546	.70979	.4089	38
23	.56473	.82528	.68429	.4614	37	23	.57904	.81530	.71022	.4080	37
24	.56497	.82511	.68471	.4605	36	24	.57928	.81513	.71066	.4071	36
25	0.56521	0.82495	0.68514	1.4595	35	25	0.57952	0.81496	0.71110	1.4063	35
26	.56545	.82478	.68557	.4586	34	26	.57975	.81479	.71154	.4054	34
27	.56569	.82462	.68600	.4577	33	27	.57999	.81462	.71198	.4045	33
28	.56593	.82445	.68642	.4568	32	28	.58023	.81445	.71241	.4037	32
29	.56617	.82429	.68685	.4559	31	29	.58047	.81428	.71285	.4028	31
30	0.56641	0.82413	0.68728	1.4550	30	30	0.58070	0.81411	0.71329	1.4019	30
31	.56664	.82396	.68771	.4541	29	31	.58094	.81395	.71373	.4011	29
32	.56688	.82380	.68814	.4532	28	32	.58118	.81378	.71417	.4002	28
33	.56712	.82363	.68857	.4523	27	33	.58141	.81361	.71461	.3994	27
34	.56736	.82347	.68899	.4514	26	34	.58165	.81344	.71505	.3985	26
35	0.56760	0.82330	0.68942	1.4505	25	35	0.58189	0.81327	0.71549	1.3976	25
36	.56784	.82314	.68985	.4496	24	36	.58212	.81310	.71593	.3968	24
37	.56808	.82297	.69028	.4487	23	37	.58236	.81293	.71637	.3959	23
38	.56832	.82280	.69071	.4478	22	38	.58259	.81276	.71681	.3951	22
39	.56856	.82264	.69114	.4469	21	39	.58283	.81259	.71725	.3942	21
40	0.56880	0.82247	0.69157	1.4460	20	40	0.58307	0.81242	0.71769	1.3933	20
41	.56904	.82231	.69200	.4451	19	41	.58330	.81225	.71813	.3925	19
42	.56928	.82214	.69243	.4442	18	42	.58354	.81208	.71857	.3916	18
43	.56952	.82198	.69286	.4433	17	43	.58378	.81191	.71901	.3908	17
44	.56976	.82181	.69329	.4424	16	44	.58401	.81174	.71945	.3899	16
45	0.57000	0.82165	0.69372	1.4415	15	45	0.58425	0.81157	0.71990	1.3891	15
46	.57023	.82148	.69415	.4406	14	46	.58448	.81140	.72034	.3882	14
47	.57047	.82131	.69459	.4397	13	47	.58472	.81123	.72078	.3874	13
48	.57071	.82115	.69502	.4388	12	48	.58496	.81106	.72122	.3865	12
49	.57095	.82098	.69545	.4379	11	49	.58519	.81089	.72166	.3857	11
50	0.57119	0.82082	0.69588	1.4370	10	50	0.58543	0.81072	0.72211	1.3848	10
51	.57143	.82065	.69631	.4361	9	51	.58566	.81055	.72255	.3840	9
52	.57167	.82048	.69674	.4352	8	52	.58590	.81038	.72299	.3831	8
53	.57191	.82032	.69718	.4343	7	53	.58614	.81021	.72344	.3823	7
54	.57214	.82015	.69761	.4335	6	54	.58637	.81004	.72388	.3814	6
55	0.57238	0.81998	0.69804	1.4326	5	55	0.58661	0.80987	0.72432	1.3806	5
56	.57262	.81982	.69847	.4317	4	56	.58684	.80970	.72477	.3797	4
57	.57286	.81965	.69891	.4308	3	57	.58708	.80953	.72521	.3789	3
58	.57310	.81948	.69934	.4299	2	58	.58731	.80936	.72565	.3781	2
59	.57334	.81932	.69977	.4290	1	59	.58755	.80919	.72610	.3772	1
60	0.57358	0.81915	0.70021	1.4281	0'	60	0.58778	0.80902	0.72654	1.3764	0
	cos	sin	ctg	tg	55		cos	sin	ctg	tg	54°

36°	sin	cos	tg	ctg		37°	sin	cos	tg	ctg	
0'	0.58778	0.80902	0.72654	1.3764	60	0'	0.60181	0.79863	0.75355	1.3270	60
1	.58802	.80885	.72699	.3755	59	1	.60205	.79846	.75401	.3262	59
2	.58825	.80867	.72743	.3747	58	2	.60228	.79828	.75447	.3254	58
3	.58849	.80850	.72788	.3738	57	3	.60251	.79811	.75492	.3246	57
4	.58873	.80833	.72832	.3730	56	4	.60274	.79793	.75538	.3238	56
5	0.58896	0.80816	0.72877	1.3722	55	5	0.60298	0.79776	0.75584	1.3230	55
6	.58920	.80799	.72921	.3713	54	6	.60320	.79758	.75629	.3222	54
7	.58943	.80782	.72966	.3705	53	7	.60344	.79741	.75675	.3214	53
8	.58967	.80765	.73010	.3697	52	8	.60367	.79723	.75721	.3206	52
9	.58990	.80747	.73055	.3688	51	9	.60390	.79706	.75767	.3198	51
10	0.59014	0.80730	0.73100	1.3680	50	10	0.60413	0.79688	0.75812	1.3190	50
11	.59037	.80713	.73144	.3672	49	11	.60437	.79670	.75858	.3182	49
12	.59060	.80696	.73189	.3663	48	12	.60460	.79653	.75904	.3174	48
13	.59084	.80679	.73234	.3655	47	13	.60483	.79635	.75950	.3166	47
14	.59107	.80662	.73278	.3647	46	14	.60506	.79618	.75996	.3159	46
15	0.59131	0.80644	0.73323	1.3638	45	15	0.60529	0.79600	0.76042	1.3151	45
16	.59154	.80627	.73368	.3630	44	16	.60552	.79582	.76088	.3143	44
17	.59178	.80610	.73412	.3622	43	17	.60576	.79565	.76134	.3135	43
18	.59201	.80593	.73457	.3613	42	18	.60599	.79547	.76179	.3127	42
19	.59225	.80576	.73502	.3605	41	19	.60622	.79530	.76225	.3119	41
20	0.59248	0.80558	0.73547	1.3597	40	20	0.60645	0.79512	0.76271	1.3111	40
21	.59272	.80541	.73592	.3588	39	21	.60668	.79494	.76317	.3103	39
22	.59295	.80524	.73637	.3580	38	22	.60691	.79477	.76364	.3095	38
23	.59318	.80507	.73681	.3572	37	23	.60714	.79459	.76410	.3087	37
24	.59342	.80489	.73726	.3564	36	24	.60737	.79441	.76456	.3079	36
25	0.59365	0.80472	0.73771	1.3555	35	25	0.60761	0.79424	0.76502	1.3071	35
26	.59389	.80455	.73816	.3547	34	26	.60784	.79406	.76548	.3064	34
27	.59412	.80437	.73861	.3539	33	27	.60807	.79388	.76594	.3056	33
28	.59435	.80420	.73906	.3531	32	28	.60830	.79371	.76640	.3048	32
29	.59459	.80403	.73951	.3522	31	29	.60853	.79353	.76686	.3040	31
30	0.59482	0.80386	0.73996	1.3514	30	30	0.60876	0.79335	0.76733	1.3032	30
31	.59506	.80368	.74041	.3506	29	31	.60899	.79318	.76779	.3024	29
32	.59529	.80351	.74086	.3498	28	32	.60922	.79300	.76825	.3016	28
33	.59552	.80334	.74131	.3489	27	33	.60945	.79282	.76871	.3009	27
34	.59576	.80316	.74176	.3481	26	34	.60968	.79264	.76918	.3001	26
35	0.59599	0.80299	0.74221	1.3473	25	35	0.60991	0.79247	0.76964	1.2993	25
36	.59622	.80282	.74266	.3465	24	36	.61014	.79229	.77010	.2985	24
37	.59646	.80264	.74312	.3457	23	37	.61037	.79211	.77057	.2977	23
38	.59669	.80247	.74357	.3449	22	38	.61061	.79193	.77103	.2970	22
39	.59692	.80230	.74402	.3440	21	39	.61084	.79176	.77149	.2962	21
40	0.59716	0.80212	0.74447	1.3432	20	40	0.61107	0.79158	0.77196	1.2954	20
41	.59739	.80195	.74492	.3424	19	41	.61130	.79140	.77242	.2946	19
42	.59762	.80177	.74538	.3416	18	42	.61153	.79122	.77289	.2938	18
43	.59786	.80160	.74583	.3408	17	43	.61176	.79104	.77335	.2931	17
44	.59809	.80143	.74628	.3400	16	44	.61199	.79087	.77382	.2923	16
45	0.59832	0.80125	0.74673	1.3392	15	45	0.61222	0.79069	0.77428	1.2915	15
46	.59856	.80108	.74719	.3383	14	46	.61245	.79051	.77475	.2907	14
47	.59879	.80090	.74764	.3375	13	47	.61268	.79033	.77521	.2900	13
48	.59902	.80073	.74809	.3367	12	48	.61290	.79015	.77568	.2892	12
49	.59926	.80056	.74855	.3359	11	49	.61314	.78998	.77614	.2884	11
50	0.59949	0.80039	0.74900	1.3351	10	50	0.61337	0.78980	0.77661	1.2876	10
51	.59972	.80021	.74946	.3343	9	51	.61360	.78962	.77708	.2869	9
52	.59995	.80003	.74991	.3335	8	52	.61383	.78944	.77754	.2861	8
53	.60019	.79986	.75037	.3327	7	53	.61405	.78926	.77801	.2853	7
54	.60042	.79968	.75082	.3319	6	54	.61428	.78908	.77848	.2845	6
55	0.60065	0.79951	0.75128	1.3311	5	55	0.61451	0.78890	0.77895	1.2838	5
56	.60088	.79933	.75173	.3303	4	56	.61474	.78873	.77941	.2830	4
57	.60112	.79916	.75219	.3294	3	57	.61497	.78855	.77988	.2822	3
58	.60135	.79898	.75264	.3286	2	58	.61520	.78837	.78035	.2815	2
59	.60158	.79881	.75310	.3278	1	59	.61543	.78819	.78082	.2807	1
60	0.60181	0.79863	0.75355	1.3270	0'	60	0.61566	0.78801	0.78128	1.2799	0'
	cos	sin	ctg	tg	53°		cos	sin	ctg	tg	52°

38°	sin	cos	tg	ctg		39°	sin	cos	tg	ctg	
0'	0.61566	0.78801	0.78128	1.2799	60	0'	0.62932	0.77715	0.80978	1.2349	60
1	.61589	.78783	.78175	.2792	59	1	.62955	.77696	.81026	.2342	59
2	.61612	.78765	.78222	.2784	58	2	.62977	.77678	.81075	.2334	58
3	.61635	.78747	.78269	.2776	57	3	.63000	.77660	.81123	.2327	57
4	.61658	.78729	.78316	.2769	56	4	.63022	.77641	.81171	.2320	56
5	0.61681	0.78711	0.78363	1.2761	55	5	0.63045	0.77623	0.81219	1.2312	55
6	.61703	.78693	.78410	.2753	54	6	.63067	.77605	.81268	.2305	54
7	.61726	.78675	.78457	.2746	53	7	.63090	.77586	.81316	.2297	53
8	.61749	.78657	.78504	.2738	52	8	.63113	.77568	.81364	.2290	52
9	.61772	.78640	.78551	.2730	51	9	.68135	.77549	.81413	.2283	51
10	0.61795	0.78622	0.78598	1.2723	50	10	0.63158	0.77531	0.81461	1.2276	50
11	.61818	.78604	.78645	.2715	49	11	.63180	.77513	.81509	.2268	49
12	.61841	.78586	.78692	.2708	48	12	.63203	.77494	.81558	.2261	48
13	.61864	.78568	.78739	.2700	47	13	.63225	.77476	.81606	.2254	47
14	.61886	.78550	.78786	.2692	46	14	.63248	.77458	.81655	.2247	46
15	0.61909	0.78532	0.78834	1.2685	45	15	0.63270	0.77439	0.81703	1.2239	45
16	.61932	.78514	.78881	.2677	44	16	.63293	.77421	.81752	.2232	44
17	.61955	.78496	.78928	.2670	43	17	.63315	.77402	.81800	.2225	43
18	.61978	.78478	.78975	.2662	42	18	.63338	.77384	.81849	.2218	42
19	.62001	.78460	.79022	.2655	41	19	.63360	.77365	.81898	.2210	41
20	0.62023	0.78441	0.79070	1.2647	40	20	0.63383	0.77347	0.81946	1.2203	40
21	.62046	.78423	.79117	.2639	39	21	.63405	.77329	.81995	.2196	39
22	.62069	.78405	.79164	.2632	38	22	.63428	.77310	.82043	.2189	38
23	.62092	.78387	.79212	.2624	37	23	.63450	.77292	.82092	.2181	37
24	.62115	.78369	.79259	.2617	36	24	.63473	.77273	.82141	.2174	36
25	0.62137	0.78351	0.79306	1.2609	35	25	0.63495	0.77255	0.82190	1.2167	35
26	.62160	.78333	.79354	.2602	34	26	.63518	.77236	.82238	.2160	34
27	.62183	.78315	.79401	.2594	33	27	.63540	.77218	.82287	.2152	33
28	.62206	.78297	.79449	.2587	32	28	.63563	.77199	.82336	.2145	32
29	.62229	.78279	.79496	.2579	31	29	.63585	.77181	.82385	.2138	31
30	0.62251	0.78261	0.79543	1.2572	30	30	0.63608	0.77162	0.82434	1.2131	30
31	.62274	.78243	.79591	.2564	29	31	.63630	.77144	.82482	.2124	29
32	.62297	.78224	.79639	.2557	28	32	.63653	.77125	.82531	.2117	28
33	.62320	.78206	.79686	.2549	27	33	.63675	.77107	.82580	.2109	27
34	.62342	.78188	.79734	.2542	26	34	.63697	.77088	.82629	.2102	26
35	0.62365	0.78170	0.79781	1.2534	25	36	0.63720	0.77070	0.82678	1.2095	25
36	.62388	.78152	.79829	.2527	24	36	.63742	.77051	.82727	.2088	24
37	.62411	.78134	.79876	.2519	23	37	.63765	.77033	.82776	.2081	23
38	.62433	.78116	.79924	.2512	22	38	.63787	.77014	.82825	.2074	22
39	.62456	.78097	.79972	.2504	21	39	.63810	.76996	.82874	.2066	21
40	0.62479	0.78079	0.80020	1.2497	20	40	0.63832	0.76977	0.82923	1.2059	20
41	.62501	.78061	.80067	.2489	19	41	.63854	.76958	.82972	.2052	19
42	.62524	.78043	.80115	.2482	18	42	.63877	.76940	.83022	.2045	18
43	.62547	.78025	.80163	.2475	17	43	.63899	.76921	.83071	.2038	17
44	.62570	.78007	.80211	.2467	16	44	.63921	.76903	.83120	.2031	16
45	0.62592	0.77988	0.80258	1.2460	15	45	0.63944	0.76884	0.83169	1.2024	15
46	.62615	.77970	.80306	.2452	14	46	.63966	.76865	.83218	.2016	14
47	.62638	.77952	.80354	.2445	13	47	.63989	.76847	.83267	.2009	13
48	.62660	.77934	.80402	.2437	12	48	.64011	.76828	.83317	.2002	12
49	.62683	.77915	.80450	.2430	11	49	.64033	.76810	.83366	.1995	11
50	0.62706	0.77897	0.80498	1.2423	10	50	0.64056	0.76791	0.83415	1.1988	10
51	.62728	.77879	.80546	.2415	9	51	.64078	.76772	.83465	.1981	9
52	.62751	.77861	.80594	.2408	8	52	.64100	.76754	.83514	.1974	8
53	.62774	.77842	.80642	.2400	7	53	.64123	.76735	.82563	.1967	7
54	.62796	.77824	.80690	.2393	6	54	.64145	.76716	.83613	.1960	6
55	0.62819	0.77806	0.80738	1.2386	5	55	0.64167	0.76698	0.83662	1.1953	5
56	.62841	.77788	.80786	.2378	4	56	.64189	.76679	.83712	.1946	4
57	.62864	.77769	.80834	.2371	3	57	.64212	.76660	.83761	.1939	3
58	.62887	.77751	.80882	.2364	2	58	.64234	.76642	.83811	.1932	2
59	.62909	.77733	.80930	.2356	1	59	.64256	.76623	.83860	.1924	1
60	0.62932	0.77715	0.80978	1.2349	0'	60	0.64279	0.76604	0.83910	1.1917	0
	cos	sin	ctg	tg	51°		cos	sin	ctg	tg	50°

40°	sin	cos	tg	ctg		41°	sin	cos	tg	ctg	
0	0.64279	0.76604	0.83910	1.1917	60	0	0.65606	0.75471	0.86929	1.1504	60
1	.64301	.76586	.83959	.1910	59	1	.65628	.75452	.86980	.1497	59
2	.64323	.76567	.84009	.1903	58	2	.65650	.75433	.87031	.1490	58
3	.64345	.76548	.84059	.1896	57	3	.65672	.75414	.87082	.1483	57
4	.64368	.76530	.84108	.1889	56	4	.65694	.75394	.87133	.1477	56
5	0.64390	0.76511	0.84158	1.1882	55	5	0.65716	0.75375	0.87184	1.1470	55
6	.64412	.76492	.84208	.1875	54	6	.65737	.75356	.87235	.1463	54
7	.64435	.76473	.84257	.1868	53	7	.65759	.75337	.87287	.1456	53
8	.64457	.76455	.84307	.1861	52	8	.65781	.75318	.87338	.1450	52
9	.64479	.76436	.84357	.1854	51	9	.65803	.75299	.87389	.1443	51
10	0.64501	0.76417	0.84407	1.1847	50	10	0.65825	0.75280	0.87441	1.1436	50
11	.64523	.76398	.84457	.1840	49	11	.65847	.75261	.87492	.1430	49
12	.64546	.76380	.84506	.1833	48	12	.65869	.75241	.87543	.1423	48
13	.64568	.76361	.84556	.1826	47	13	.65891	.75222	.87595	.1416	47
14	.64590	.76342	.84606	.1819	46	14	.65913	.75203	.87646	.1409	46
15	0.64612	0.76323	0.84656	1.1812	45	15	0.65934	0.75184	0.87698	1.1403	45
16	.64635	.76304	.84706	.1805	44	16	.65956	.75165	.87749	.1396	44
17	.64657	.76286	.84756	.1798	43	17	.65978	.75146	.87801	.1389	43
18	.64679	.76267	.84806	.1791	42	18	.66000	.75126	.87852	.1383	42
19	.64701	.76248	.84856	.1785	41	19	.66022	.75107	.87904	.1376	41
20	0.64723	0.76229	0.84906	1.1778	40	20	0.66044	0.75088	0.87955	1.1369	40
21	.64745	.76210	.84956	.1771	39	21	.66066	.75069	.88007	.1363	39
22	.64768	.76191	.85006	.1764	38	22	.66087	.75049	.88058	.1356	38
23	.64790	.76173	.85056	.1757	37	23	.66109	.75030	.88110	.1349	37
24	.64812	.76154	.85107	.1750	36	24	.66131	.75011	.88162	.1343	36
25	0.64834	0.76135	0.85157	1.1743	35	25	0.66153	0.74992	0.88213	1.1336	35
26	.64856	.76116	.85207	.1736	34	26	.66175	.74973	.88265	.1329	34
27	.64878	.76097	.85257	.1729	33	27	.66197	.74953	.88317	.1323	33
28	.64900	.76078	.85307	.1722	32	28	.66218	.74934	.88369	.1316	32
29	.64923	.76059	.85358	.1715	31	29	.66240	.74915	.88421	.1309	31
30	0.64945	0.76041	0.85408	1.1708	30	30	0.66262	0.74895	0.88472	1.1303	30
31	.64967	.76022	.85458	.1702	29	31	.66284	.74876	.88524	.1296	29
32	.64989	.76003	.85509	.1695	28	32	.66305	.74857	.88576	.1290	28
33	.65011	.75984	.85559	.1688	27	33	.66327	.74838	.88628	.1283	27
34	.65033	.75965	.85609	.1681	26	34	.66349	.74818	.88680	.1276	26
35	0.65055	0.75946	0.85660	1.1674	25	35	0.66371	0.74799	0.88732	1.1270	25
36	.65077	.75927	.85710	.1667	24	36	.66393	.74780	.88784	.1263	24
37	.65100	.75908	.85761	.1660	23	37	.66414	.74760	.88836	.1257	23
38	.65121	.75889	.85811	.1653	22	38	.66436	.74741	.88888	.1250	22
39	.65144	.75870	.85862	.1647	21	39	.66458	.74722	.88940	.1243	21
40	0.65166	0.75851	0.85912	1.1640	20	40	0.66479	0.74702	0.88992	1.1237	20
41	.65188	.75832	.85963	.1633	19	41	.66501	.74683	.89044	.1230	19
42	.65210	.75813	.86013	.1626	18	42	.66523	.74664	.89097	.1224	18
43	.65232	.75794	.86064	.1619	17	43	.66545	.74644	.89149	.1217	17
44	.65254	.75775	.86115	.1612	16	44	.66566	.74625	.89201	.1211	16
45	0.65276	0.75756	0.86165	1.1605	15	45	0.66588	0.74606	0.89253	1.1204	15
46	.65298	.75737	.86216	.1599	14	46	.66610	.74586	.89306	.1197	14
47	.65320	.75718	.86267	.1592	13	47	.66631	.74567	.89358	.1191	13
48	.65342	.75700	.86318	.1585	12	48	.66653	.74548	.89410	.1184	12
49	.65364	.75680	.86368	.1578	11	49	.66675	.74528	.89463	.1178	11
50	0.65386	0.75661	0.86419	1.1571	10	50	0.66697	0.74509	0.89515	1.1171	10
51	.65408	.75642	.86470	.1565	9	51	.66718	.74489	.89567	.1165	9
52	.65430	.75623	.86521	.1558	8	52	.66740	.74470	.89620	.1158	8
53	.65452	.75604	.86572	.1551	7	53	.66762	.74450	.89672	.1152	7
54	.65474	.75585	.86623	.1544	6	54	.66783	.74431	.89725	.1145	6
55	0.65496	0.75566	0.86674	1.1537	5	55	0.66805	0.74412	0.89777	1.1139	5
56	.65518	.75547	.86725	.1531	4	56	.66826	.74392	.89830	.1132	4
57	.65540	.75528	.86775	.1524	3	57	.66848	.74373	.89882	.1126	3
58	.65562	.75509	.86826	.1517	2	58	.66870	.74353	.89935	.1119	2
59	.65584	.75490	.86878	.1510	1	59	.66891	.74334	.89988	.1113	1
60	0.65606	0.75471	0.86929	1.1504	0	60	0.66913	0.74314	0.90040	1.1106	0
	cos	sin	ctg	tg	49°		cos	sin	ctg	tg	48°

42°	sin	cos	tg	ctg		43°	sin	cos	tg	ctg	
0'	0.66913	0.74314	0.90040	1.1106	60	0'	0.68200	0.73135	0.93251	1.0724	60
1	.66935	.74295	.90093	.1100	59	1	.68221	.73115	.93306	.0717	59
2	.66956	.74275	.90146	.1093	58	2	.68242	.73096	.93360	.0711	58
3	.66978	.74256	.90198	.1086	57	3	.68264	.73076	.93415	.0705	57
4	.66999	.74236	.90251	.1080	56	4	.68285	.73056	.93469	.0699	56
5	0.67021	0.74217	0.90304	1.1074	55	5	0.68306	0.73036	0.93524	1.0692	55
6	.67043	.74197	.90357	.1067	54	6	.68327	.73016	.93578	.0686	54
7	.67064	.74178	.90410	.1061	53	7	.68349	.72996	.93633	.0680	53
8	.67086	.74158	.90463	.1054	52	8	.68370	.72976	.93687	.0674	52
9	.67107	.74139	.90515	.1048	51	9	.68391	.72956	.93742	.0667	51
10	0.67129	0.74119	0.90568	1.1041	50	10	0.68412	0.72937	0.93797	1.0661	50
11	.67150	.74100	.90621	.1035	49	11	.68433	.72917	.93851	.0655	49
12	.67172	.74080	.90674	.1028	48	12	.68455	.72897	.93906	.0649	48
13	.67194	.74061	.90727	.1022	47	13	.68476	.72877	.93961	.0643	47
14	.67215	.74041	.90780	.1015	46	14	.68497	.72857	.94016	.0636	46
15	0.67237	0.74022	0.90834	1.1009	45	15	0.68518	0.72837	0.94071	1.0630	45
16	.67258	.74002	.90887	.1003	44	16	.68539	.72817	.94125	.0624	44
17	.67280	.73983	.90940	.0996	43	17	.68561	.72797	.94180	.0618	43
18	.67301	.73963	.90993	.0990	42	18	.68582	.72777	.94235	.0612	42
19	.67323	.73943	.91046	.0983	41	19	.68603	.72757	.94290	.0605	41
20	0.67344	0.73924	0.91099	1.0977	40	20	0.68624	0.72737	0.94345	1.0599	40
21	.67366	.73904	.91153	.0971	39	21	.68645	.72717	.94400	.0593	39
22	.67387	.73885	.91206	.0964	38	22	.68666	.72697	.94455	.0587	38
23	.67409	.73865	.91259	.0958	37	23	.68688	.72677	.94510	.0581	37
24	.67430	.73845	.91312	.0951	36	24	.68709	.72657	.94565	.0575	36
25	0.67452	0.73826	0.91366	1.0945	35	25	0.68730	0.72637	0.94620	1.0568	35
26	.67473	.73806	.91419	.0939	34	26	.68751	.72617	.94675	.0562	34
27	.67495	.73787	.91473	.0932	33	27	.68772	.72597	.94731	.0556	33
28	.67516	.73767	.91526	.0926	32	28	.68793	.72577	.94786	.0550	32
29	.67537	.73747	.91580	.0919	31	29	.68814	.72557	.94841	.0544	31
30	0.67559	0.73728	0.91633	1.0913	30	30	0.68835	0.72537	0.94896	1.0538	30
31	.67580	.73708	.91687	.0907	29	31	.68856	.72517	.94952	.0532	29
32	.67602	.73688	.91740	.0900	28	32	.68878	.72497	.95007	.0525	28
33	.67623	.73669	.91794	.0894	27	33	.68899	.72477	.95062	.0519	27
34	.67645	.73649	.91847	.0888	26	34	.68920	.72457	.95118	.0513	26
35	0.67666	0.73629	0.91901	1.0881	25	35	0.68941	0.72437	0.95173	1.0507	25
36	.67688	.73610	.91955	.0875	24	36	.68962	.72417	.95229	.0501	24
37	.67709	.73590	.92008	.0868	23	37	.68983	.72397	.95284	.0495	23
38	.67730	.73570	.92062	.0862	22	38	.69004	.72377	.95340	.0489	22
39	.67752	.73551	.92116	.0856	21	39	.69025	.72357	.95395	.0483	21
40	0.67773	0.73531	0.92170	1.0849	20	40	0.69046	0.72337	0.95451	1.0476	20
41	.67794	.73511	.92223	.0843	19	41	.69067	.72317	.95506	.0470	19
42	.67816	.73491	.92277	.0837	18	42	.69088	.72297	.95562	.0464	18
43	.67837	.73472	.92331	.0830	17	43	.69109	.72277	.95618	.0458	17
44	.67859	.73452	.92385	.0824	16	44	.69130	.72256	.95673	.0452	16
45	0.67880	0.73432	0.92439	1.0818	15	45	0.69151	0.72236	0.95729	1.0446	15
46	.67901	.73412	.92493	.0812	14	46	.69172	.72216	.95785	.0440	14
47	.67923	.73393	.92547	.0805	13	47	.69193	.72196	.95841	.0434	13
48	.67944	.73373	.92601	.0799	12	48	.69214	.72176	.95896	.0428	12
49	.67965	.73353	.92655	.0793	11	49	.69235	.72156	.95952	.0422	11
50	0.67987	0.73333	0.92709	1.0786	10	50	0.69256	0.72136	0.96008	1.0416	10
51	.68008	.73314	.92763	.0780	9	51	.69277	.72115	.96064	.0410	9
52	.68029	.73294	.92817	.0774	8	52	.69298	.72095	.96120	.0404	8
53	.68051	.73274	.92871	.0767	7	53	.69319	.72075	.96176	.0397	7
54	.68072	.73254	.92926	.0761	6	54	.69340	.72055	.96232	.0391	6
55	0.68093	0.73234	0.92980	1.0755	5	55	0.69361	0.72035	0.96288	1.0385	5
56	.68115	.73215	.93034	.0749	4	56	.69382	.72015	.96344	.0379	4
57	.68136	.73195	.93088	.0742	3	57	.69403	.71994	.96400	.0373	3
58	.68157	.73175	.93143	.0736	2	58	.69424	.71974	.96456	.0367	2
59	.68178	.73155	.93197	.0730	1	59	.69445	.71954	.96513	.0361	1
60	0.68200	0.73135	0.93251	1.0724	0'	60	0.69466	0.71934	0.96569	1.0355	0'
	cos	sin	ctg	tg	47°		cos	sin	ctg	tg	48°

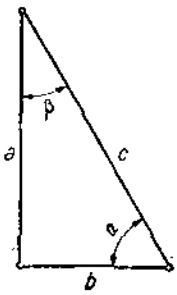
44°	sin	cos	tg	ctg	
0'	0.69466	0.71934	0.96569	1.0355	60
1	.69487	.71914	.96625	.0349	59
2	.69508	.71893	.96681	.0343	58
3	.69528	.71873	.96738	.0337	57
4	.69549	.71853	.96794	.0331	56
5	0.69570	0.71833	0.96850	1.0325	55
6	.69591	.71813	.96907	.0319	54
7	.69612	.71792	.96963	.0313	53
8	.69633	.71772	.97020	.0307	52
9	.69654	.71752	.97076	.0301	51
10	0.69675	0.71732	0.97133	1.0295	50
11	.69696	.71711	.97189	.0289	49
12	.69716	.71691	.97246	.0283	48
13	.69737	.71671	.97302	.0277	47
14	.69758	.71650	.97359	.0271	46
15	0.69779	0.71630	0.97416	1.0265	45
16	.69800	.71610	.97472	.0259	44
17	.69821	.71589	.97529	.0253	43
18	.69841	.71569	.97586	.0247	42
19	.69862	.71549	.97643	.0241	41
20	0.69883	0.71529	0.97700	1.0235	40
21	.69904	.71508	.97756	.0229	39
22	.69925	.71488	.97813	.0223	38
23	.69945	.71468	.97870	.0218	37
24	.69966	.71447	.97927	.0212	36
25	0.69987	0.71427	0.97984	1.0206	35
26	.70008	.71406	.98041	.0200	34
27	.70029	.71386	.98098	.0194	33
28	.70049	.71366	.98155	.0188	32
29	.70070	.71345	.98212	.0182	31
30	0.70091	0.71325	0.98270	1.0176	30
31	.70112	.71305	.98327	.0170	29
32	.70132	.71284	.98384	.0164	28
33	.70153	.71264	.98441	.0158	27
34	.70174	.71243	.98499	.0152	26
35	0.70194	0.71223	0.98556	1.0146	25
36	.70215	.71203	.98613	.0141	24
37	.70236	.71182	.98671	.0135	23
38	.70257	.71162	.98728	.0129	22
39	.70277	.71141	.98786	.0123	21
40	0.70298	0.71121	0.98843	1.0117	20
41	.70319	.71100	.98901	.0111	19
42	.70339	.71080	.98958	.0105	18
43	.70360	.71059	.99016	.0099	17
44	.70381	.71039	.99073	.0093	16
45	0.70401	0.71018	0.99131	1.0088	15
46	.70422	.70998	.99189	.0082	14
47	.70443	.70977	.99246	.0076	13
48	.70463	.70957	.99304	.0070	12
49	.70484	.70936	.99362	.0064	11
50	0.70505	0.70916	0.99420	1.0058	10
51	.70525	.70895	.99478	.0052	9
52	.70546	.70875	.99536	.0047	8
53	.70566	.70854	.99593	.0041	7
54	.70587	.70834	.99651	.0035	6
55	0.70608	0.70813	0.99709	1.0029	5
56	.70628	.70793	.99767	.0023	4
57	.70649	.70772	.99826	.0017	3
58	.70669	.70752	.99884	.0012	2
59	.70690	.70731	.99942	.0006	1
60	0.70711	0.70711	1.00000	1.0000	0
	cos	sin	ctg	tg	45°

Минуты	Градусы	Секунды	Градусы
1	0,016666	1	0,000278
2	0,033333	2	0,000556
3	0,050000	3	0,000833
4	0,066666	4	0,001111
5	0,083333	5	0,001389
6	0,100000	6	0,001667
7	0,116666	7	0,001944
8	0,133333	8	0,002222
9	0,150000	9	0,002500
10	0,166666	10	0,002778
11	0,183333	11	0,003056
12	0,200000	12	0,003333
13	0,216666	13	0,003611
14	0,233333	14	0,003889
15	0,250000	15	0,004167
16	0,266666	16	0,004444
17	0,283333	17	0,004722
18	0,300000	18	0,005000
19	0,316666	19	0,005278
20	0,333333	20	0,005556
21	0,350000	21	0,005833
22	0,366666	22	0,006111
23	0,383333	23	0,006389
24	0,400000	24	0,006667
25	0,416666	25	0,006914
26	0,433333	26	0,007222
27	0,450000	27	0,007500
28	0,466666	28	0,007778
29	0,483333	29	0,008056
30	0,500000	30	0,008333
31	0,516666	31	0,008611
32	0,533333	32	0,008889
33	0,550000	33	0,009167
34	0,566666	34	0,009444
35	0,583333	35	0,009722
36	0,600000	36	0,010000
37	0,616666	37	0,010278
38	0,633333	38	0,010556
39	0,650000	39	0,010833
40	0,666666	40	0,011111
41	0,683333	41	0,011389
42	0,700000	42	0,011667
43	0,716666	43	0,011944
44	0,733333	44	0,012222
45	0,750000	45	0,012500
46	0,766666	46	0,012778
47	0,783333	47	0,013056
48	0,800000	48	0,013333
49	0,816666	49	0,013611
50	0,833333	50	0,013889
51	0,850000	51	0,014167
52	0,866666	52	0,014444
53	0,883333	53	0,014722
54	0,900000	54	0,015000
55	0,916666	55	0,015278
56	0,933333	56	0,015556
57	0,950000	57	0,015833
58	0,966666	58	0,016111
59	0,983333	59	0,016389
60	1,000000	60	0,016667

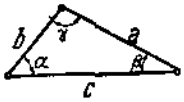
4. Решение треугольников и многоугольников.

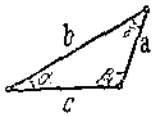
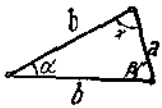
Решение прямоугольных треугольников.

Задано	Найти	Решение
a, α	b	$b = a \cdot \operatorname{ctg} \alpha$
	c	$c = \dfrac{a}{\sin \alpha}$
	F	$F = \dfrac{a^2}{2} \operatorname{ctg} \alpha$
b, α	a	$a = b \cdot \operatorname{tg} \alpha$
	c	$c = \dfrac{b}{\cos \alpha}$
	F	$F = \dfrac{b^2}{2} \operatorname{tg} \alpha$
c, α	a	$a = c \cdot \sin \alpha$
	b	$b = c \cdot \cos \alpha$
	F	$F = \dfrac{c^2}{2} \sin \alpha \cdot \cos \alpha = \dfrac{c^2}{4} \sin 2\alpha$
a, b	α	$\operatorname{tg} \alpha = \dfrac{a}{b}$; $\alpha = 90° - \beta$
	β	$\operatorname{tg} \beta = \dfrac{b}{a}$; $\beta = 90° - \alpha$
	c	$c = \sqrt{a^2 + b^2}$; $c = \dfrac{a}{\sin \alpha} = \dfrac{b}{\cos \alpha}$
	F	$F = \dfrac{a \cdot b}{2}$
a, c	α	$\sin \alpha = \dfrac{a}{c}$; $\alpha = 90° - \beta$
	β	$\cos \beta = \dfrac{a}{c}$; $\beta = 90° - \alpha$
	b	$b = \sqrt{c^2 - a^2} = \sqrt{(c + a) \cdot (c - a)} = c \cdot \cos \alpha = c \cdot \sin \beta$
	F	$F = \dfrac{a}{2} \sqrt{(c + a) \cdot (c - a)} = \dfrac{1}{2} a \cdot c \cdot \sin \beta$

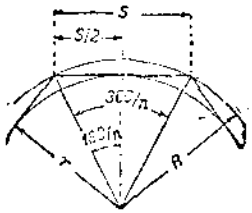


Решение косоугольных треугольников.

Дано	Найти	Решение
		1-й случай (общий случай):
a, b, γ	c	$c = \sqrt{a^2 + b^2 - 2a \cdot b \cdot \cos\gamma}$
	α	$\sin\alpha = \frac{a \cdot \sin\gamma}{c}$; $\operatorname{tg}\alpha = \frac{a \cdot \sin\gamma}{b - a \cdot \cos\gamma}$
	β	$\sin\beta = \frac{b \cdot \sin\gamma}{c}$; $\operatorname{tg}\beta = \frac{b \cdot \sin\gamma}{a - b \cdot \cos\gamma}$
	F	$F = \frac{a \cdot b \cdot \sin\gamma}{2}$
		$\alpha = 180^\circ - (\beta + \gamma)$; $\gamma = 180^\circ - (\alpha + \beta)$; $\beta = 180^\circ - (\alpha + \gamma)$
a, β, γ или a, α, β	b	$b = \frac{a \cdot \sin\beta}{\sin\alpha} = \frac{a \cdot \sin\beta}{\sin(\beta + \gamma)}$
	c	$c = \frac{a \cdot \sin\gamma}{\sin\alpha} = \frac{a \cdot \sin\gamma}{\sin(\beta + \gamma)}$
	F	$F = \frac{a^2 \cdot \sin\beta \cdot \sin\gamma}{2 \sin\alpha} = \frac{a^2}{2(\operatorname{ctg}\beta + \operatorname{ctg}\gamma)}$
		2-ой случай:
		$a > b$ (поэтому β во всяком случае острый); $\beta < \alpha$
		
a, b, α	β	$\sin\beta = \frac{b \cdot \sin\alpha}{a}$; $\cos\beta = \pm\sqrt{1 - \sin^2\beta}$
	γ	$\gamma = 180^\circ - (\alpha + \beta)$
	c	$c = a \cdot \cos\beta + b \cdot \cos\alpha = \frac{a \cdot \sin\gamma}{\sin\alpha} =$ $= b \cdot \cos\alpha + \sqrt{a^2 - b^2 \cdot \sin^2\alpha}$
	F	$F = \frac{a \cdot b \cdot \sin\gamma}{2} = \frac{b \cdot c \cdot \sin\alpha}{2}$

Дано	Найти	Решение
		3-й случай:
		$b > a$. Треугольник невполне определен, возможны два решения; $\beta \lessgtr 90^\circ$.
		 
a, b, α	β	$\sin\beta = \frac{b\cdot\sin\alpha}{a}$; $\cos\beta = \pm\sqrt{1-\sin^2\beta}$
	γ	$\gamma = 180^\circ - (\alpha+\beta) \gtrless \beta$
	c	$c = b\cdot\cos\alpha \pm \sqrt{a^2 - b^2\cdot\sin^2\alpha}$
	F	$F = \frac{a\cdot b\cdot\sin\gamma}{2} = \frac{b\cdot c\cdot\sin\alpha}{2}$
		Выражение углов треугольника через стороны и полупериметр.
		$s =$ полупериметр $= \frac{a+b+c}{2}$
a, b, c	α	$\cos\alpha = \frac{b^2+c^2-a^2}{2\,b\cdot c}$; $\cos\frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{s(s-a)}{b\cdot c}}$;
		$\sin\frac{\alpha}{2}\sqrt{\frac{(s-b)(s-c)}{b\cdot c}}$; $\sin\alpha = \frac{2F}{b\cdot c}$;
	β	$\cos\beta = \frac{a^2+c^2-b^2}{2\,a\cdot c}$; $\cos\frac{\beta}{2} = \sqrt{\frac{s(s-b)}{a\cdot c}}$;
		$\sin\frac{\beta}{2} = \sqrt{\frac{(s-a)(s-c)}{a\cdot c}}$; $\sin\beta = \frac{2F}{a\cdot c}$;
	γ	$\cos\gamma = \frac{b^2+a^2-c^2}{2\,a\cdot b}$; $\cos\frac{\gamma}{2} = \sqrt{\frac{s(s-c)}{a\cdot b}}$;
		$\sin\frac{\gamma}{2} = \sqrt{\frac{(s-a)(s-b)}{a\cdot b}}$; $\sin\gamma = \frac{2F}{a\cdot b}$;
	F	$F = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$

Решение правильного многоугольника.



Название	Обозначение
Число сторон	n
Сторона многоугольника	s
Радиус описанного круга	R
Радиус вписанного круга	r
Площадь многоугольника	F

Обозначение	Формула
s	$= 2\ R \cdot \sin\frac{180^\circ}{n} = 2\ r \cdot \operatorname{tg}\frac{180^\circ}{n}$
R	$= \frac{s}{2} : \sin\frac{180^\circ}{n} = r : \cos\frac{180^\circ}{n}$
r	$= \frac{s}{2} \operatorname{ctg}\frac{180^\circ}{n} = R \cdot \cos\frac{180^\circ}{n}$
F	$= \frac{n}{2} R^2 \cdot \sin\frac{360^\circ}{n} = n \cdot r^2 \cdot \operatorname{tg}\frac{180^\circ}{n} = n\ \frac{s^2}{4} \operatorname{ctg}\frac{180^\circ}{n}$

n	s		R		r		F		
3	1,73[illegible] R	3,464 r	0,577 s	2,000 r	0,289 s	0,500 R	0,433 s^2	1,299 R^2	5,196 r^2
4	1,414 R	2,000 r	0,707 s	1,414 r	0,500 s	0,707 R	1,000 s^2	2,000 R^2	4,000 r^2
5	1,176 R	1,453 r	0,851 s	1,236 r	0,688 s	0,809 R	1,721 s^2	2,378 R^2	3,633 r^2
6	1,000 R	1,155 r	1,000 s	1,155 r	0,866 s	0,866 R	2,598 s^2	2,598 R^2	3,464 r^2
7	0,868 R	0,963 r	1,152 s	1,110 r	1,038 s	0,901 R	3,635 s^2	2,736 R^2	3,371 r^2
8	0,765 R	0,828 r	1,307 s	1,082 r	1,207 s	0,924 R	4,828 s^2	2,828 R^2	3,314 r^2
9	0,684 R	0,728 r	1,462 s	1,064 r	1,374 s	0,940 R	6,182 s^2	2,893 R^2	3,276 r^2
10	0,618 R	0,650 r	1,618 s	1,052 r	1,539 s	0,951 R	7,694 s^2	2,939 R^2	3,249 r^2
11	0,564 R	0,587 r	1,775 s	1,042 r	1,703 s	0,960 R	9,364 s^2	2,974 R^2	3,230 r^2
12	0,518 R	0,536 r	1,932 s	1,035 r	1,866 s	0,966 R	11,196 s^2	3,000 R^2	3,215 r^2
16	0,390 R	0,398 r	2,563 s	1,020 r	2,511 s	0,981 R	20,109 s^2	3,062 R^2	3,183 r^2
20	0,313 R	0,317 r	3,196 s	1,013 r	3,157 s	0,988 R	31,569 s^2	3,090 R^2	3,168 r^2
24	0,261 R	0,263 r	3,831 s	1,009 r	3,798 s	0,991 R	45,575 s^2	3,106 R^2	3,160 r^2
32	0,196 R	0,197 r	5,101 s	1,005 r	5,077 s	0,995 R	81,225 s^2	3,121 R^2	3,152 r^2
48	0,131 R	0,131 r	7,645 s	1,002 r	7,629 s	0,998 R	183,08 s^2	3,133 R^2	3,146 r^2
64	0,098 R	0,098 r	10,190 s	1,001 r	10,178 s	0,999 R	325,69 s^2	3,137 R^2	3,144 r^2

Деление окружностей на n частей.

$$\text{Хорда} = \text{диаметру} \cdot \sin\frac{180}{n}.$$

n	$\sin\frac{180}{n}$	n	$\sin\frac{180}{n}$	n	$\sin\frac{180}{n}$	n	$\sin\frac{180}{n}$	n	$\sin\frac{180}{n}$
1	0,00000	21	0,14904	41	0,07655	61	0,05148	81	0,03878
2	1,00000	22	0,14231	42	0,07473	62	0,05065	82	0,03830
3	0,86603	23	0,13617	43	0,07300	63	0,04985	83	0,03784
4	0,70711	24	0,13053	44	0,07134	64	0,04907	84	0,03739
5	0,58779	25	0,12533	45	0,06976	65	0,04831	85	0,03695
6	0,50000	26	0,12054	46	0,06824	66	0,04758	86	0,03652
7	0,43388	27	0,11609	47	0,06679	67	0,04687	87	0,03610
8	0,38268	28	0,11196	48	0,06540	68	0,04618	88	0,03569
9	0,34202	29	0,10812	49	0,06407	69	0,04551	89	0,03529
10	0,30902	30	0,10453	50	0,06279	70	0,04486	90	0,03490
11	0,28173	31	0,10117	51	0,06156	71	0,04423	91	0,03452
12	0,25882	32	0,09802	52	0,06038	72	0,04362	92	0,03414
13	0,23932	33	0,09506	53	0,05924	73	0,04302	93	0,03377
14	0,22252	34	0,09227	54	0,05814	74	0,04244	94	0,03341
15	0,20791	35	0,08964	55	0,05709	75	0,04188	95	0,03306
16	0,19509	36	0,08716	56	0,05607	76	0,04132	96	0,03272
17	0,18375	37	0,08481	57	0,05509	77	0,04079	97	0,03238
18	0,17365	38	0,08258	58	0,05414	78	0,04027	98	0,03205
19	0,1645	39	0,08047	59	0,05322	79	0,03976	99	0,03173
20	0,15643	40	0,07846	60	0,05234	80	0,03926	100	0,03141

Пример. Надо разделить на 33 части окружность круга, диаметр которого = 24 *см*. Для деления надо откладывать по окружности циркулем отрезок $= 24 \cdot 0{,}09506 = 2{,}28144$ *см*.

Формулы, относящиеся к кругу.

Радиус круга	r	$\frac{L}{2\pi}$; $\frac{L}{6{,}28318}$; $0{,}56419\sqrt{F}$.
Диаметр круга	d	$\frac{L}{\pi}$; $\frac{L}{3{,}1416}$; $1{,}12838\sqrt{F}$.
Длина окружности	L	$r \cdot 2\pi$; $r \cdot 6{,}28318$; $d \cdot 3{,}1416$; $\frac{d}{0{,}3183}$.
Площадь круга	F	$\pi \cdot r^2$; $3{,}1416\, r^2$; $0{,}785\, d^2$; $0{,}079578\, L^2$.

Длина дуги для центрального угла в $1^\circ = 0{,}0087265 \cdot d$.
Длина дуги для центрального угла в $n^\circ = 0{,}0087265 \cdot n \cdot d$.
Центральный угол для дуги длиною $r = 57^\circ{,}2958 = 3437'{,}75 = 206265''$.

Длины дуг, стрелки, длины хорд, площади сегментов при радиусе 1.

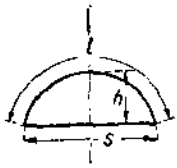
При *пользовании приведенной ниже* таблицей при радиусах неравных единице следует умножать l, h и s на величину радиуса, площадь сегмента умножать на квадрат радиуса.

При данной длине дуги l и стрелке h находим радиус r из $r = l : l_0$, где l_0 — длина дуги, отвечающая данному отношению $l : h$ при радиусе 1. *Если r радиус круга и φ центральный* угол в градусах, то получается:

1. Длина хорды $s = 2r \cdot \sin \frac{\varphi}{2}$.

2. Стрелка $h = r\left(1 - \cos \frac{\varphi}{2}\right) = \frac{s}{2} \operatorname{tg} \frac{\varphi}{4} = 2r \cdot \sin^2 \frac{\varphi}{4}$.

3 Длина дуги $l = \pi r \frac{\varphi}{180} = 0{,}017453 r \cdot \varphi \approx \sqrt{s^2 + \frac{16}{3} h^2}$ (приближенно).



4. Площадь сегмента $= \frac{r^2}{2}\left(\frac{\pi}{180}\varphi^\circ - \sin \varphi\right)$.

5. Площадь сектора $= \frac{\varphi}{360} \pi \cdot r^2 = 0{,}00872665\, \varphi \cdot r^2$.

6. $l = r$ отвечает $\varphi = 57^\circ 17' 44'',806 = 57{,}2957795 = 206264'',809$.
7. arc $1^\circ = \pi : 180 = 0{,}01745329252$; lg arc $1^\circ = 0{,}2418773676 - 2$.
8. arc $1' = \pi : 10800 = 0{,}00029088821$; lg arc $1' = 0.4637261172 - 4$.
9. arc $1'' = \pi : 648000 = 0{,}00000484814$; lg arc $1'' = 0.6855748668 - 6$.

Центр. угол в градусах	Длина дуги l	Стрелка h	$\frac{l}{h}$	Длина хорды s	Площадь сегмента	Центр. угол в градусах	Длина дуги l	Стрелка h	$\frac{l}{h}$	Длина хорды s	Площадь сегмента
1	0,0175	0,0000	458,36	0,0175	0,00000	21	0,3665	0,0167	21,95	0,3645	0,00108
2	0,0349	0,0002	229,19	0,0349	0,00000	22	0 3840	0,0184	20,90	0,3816	0,00468
3	0,0524	0,0003	152,79	0,0524	0,00001	23	0,4014	0,0201	20,00	0,3987	0,00535
4	0,0698	0,0006	114,60	0,0698	0,00003	24	0,4189	0,0219	19,17	0,4158	0,00607
5	0,0873	0,0010	91,69	0,0872	0,00006	25	0 4363	0,0237	18,47	0 4329	0 00686
6	0,1047	0,0014	76,41	0,1047	0,00010	26	0,4538	0,0256	17,71	0,4499	0,00771
7	0,1222	0,0019	64,01	0,1221	0,00015	27	0,4712	0,0276	17,06	0,4669	0,00862
8	0,1396	0,0024	56,01	0,1395	0,00023	28	0,4887	0,0297	16,45	0,4838	0,00961
9	0,1571	0,0031	50,96	0,1569	0,00032	29	0,5061	0,0319	15,89	0,5008	0,01067
10	0,1745	0,0038	45,87	0,1743	0,00044	30	0,5236	0,0341	15,37	0,5176	0,01180
11	0,1920	0,0046	41,70	0,1917	0,00059	31	0,5411	0,0364	14,88	0,5345	0,01301
12	0,2094	0,0055	38,23	0,2091	0,00076	32	0,5585	0,0387	14,42	0 5513	0,01429
13	0,2269	0,0064	35,28	0,2264	0,00097	33	0,5760	0,0412	13,99	0,5680	0,01566
14	0,2443	0,0075	32,78	0,2437	0,00121	34	0,5934	0,0437	13,58	0,5847	0,01711
15	0,2618	0,0086	30,60	0,2611	0,00149	35	0,6109	0 0463	13,20	0 6014	0,01864
16	0,2793	0,0097	28,04	0,2787	0,00181	36	0,6283	0,0489	12,84	0,6180	0,02027
17	0,2967	0,0110	27,01	0,2956	0,00217	37	0,6458	0,0517	12,50	0,6346	0 02198
18	0,3142	0,0123	25,35	0,3129	0,00257	38	0,6632	0,0545	12,17	0,6511	0,02378
19	0,3316	0,0137	24,17	0,3301	0,00302	39	0,6807	0 0574	11,87	0,6676	0,02568
20	0,3491	0,0152	22,98	0,3473	0,00352	40	0,6981	0,0603	11,58	0,6840	0,02767

Длины дуг, стрелки, длины хорд, площадь сегментов при радиусе 1.

Продолжение

Центр. угол в градусах	Длина дуги l	Стрелка h	$\frac{l}{h}$	Длина хорды s	Площадь сегмента	Центр. угол в градусах	Длина дуги l	Стрелка h	$\frac{l}{h}$	Длина хорды s	Площадь сегмента
41	0,7156	0,0633	11,30	0,7004	0,02976	81	1,4137	0,2396	5,90	1,2989	0,21301
42	0,7330	0,0664	11,04	0,7167	0,03199	82	1,4312	0,2453	5,83	1,3121	0,22045
43	0,7505	0,0696	10,78	0,7330	0,03423	83	1,4486	0,2510	5,77	1,3252	0,22804
44	0,7679	0,0728	10,55	0,7492	0,03664	84	1,4661	0,2569	5,71	1,3383	0,23578
45	0,7854	0,0761	10,32	0,7654	0,03915	85	1,4835	0,2627	5,65	1,3512	0,24367
46	0,8029	0,0795	10,10	0,7815	0,04176	86	1,5010	0,2686	5,59	1,3640	0,25171
47	0,8203	0,0829	9,80	0,7975	0,04448	87	1,5184	0,2746	5,53	1,3767	0,25990
48	0,8378	0,0865	9,69	0,8135	0,04731	88	1,5359	0,2807	5,47	1,3893	0,26825
49	0,8552	0,0900	9,50	0,8294	0,05025	89	1,5533	0,2867	5,42	1,4018	0,27675
50	0,8727	0,0937	9,31	0,8452	0,05331	90	1,5708	0,2929	5,36	1,4142	0,28540
51	0,8901	0,0974	9,14	0,8610	0,05649	91	1,5882	0,2991	5,31	1,4265	0,29420
52	0,9076	0,1012	8,97	0,8767	0,05978	92	1,6057	0,3053	5,26	1,4387	0,30316
53	0,9250	0,1051	8,80	0,8924	0,06319	93	1,6232	0,3116	5,21	1,4507	0,31226
54	0,9425	0,1090	8,65	0,9080	0,06673	94	1,6406	0,3180	5,16	1,4627	0,32152
55	0,9599	0,1130	8,49	0,9235	0,07039	95	1,6580	0,3244	5,11	1,4746	0,33093
56	0,9774	0,1171	8,35	0,9389	0,07417	96	1,6755	0,3309	5,06	1,4863	0,34050
57	0,9948	0,1212	8,21	0,9543	0,07808	97	1,6930	0,3374	5,02	1,4979	0,35021
58	1,0123	0,1254	8,07	0,9696	0,08212	98	1,7104	0,3439	4,97	1,5094	0,36008
59	1,0297	0,1296	7,94	0,9848	0,08629	99	1,7279	0,3506	4,93	1,5208	0,37009
60	1,0472	0,1340	7,81	1,0000	0,09059	100	1,7453	0,3572	4,89	1,5321	0,38026
61	1,0647	0,1384	7,69	1,0151	0,09502	101	1,7628	0,3639	4,84	1,5432	0,39058
62	1,0821	0,1428	7,56	1,0301	0,09958	102	1,7802	0,3707	4,80	1,5543	0,40104
63	1,0996	0,1474	7,46	1,0450	0,10428	103	1,7977	0,3775	4,76	1,5652	0,41166
64	1,1170	0,1520	7,35	1,0598	0,10911	104	1,8151	0,3843	4,72	1,5760	0,42242
65	1,1345	0,1566	7,24	1,0746	0,11408	105	1,8326	0,3912	4,68	1,5867	0,43333
66	1,1519	0,1613	7,14	1,0893	0,11919	106	1,8500	0,3982	4,65	1,5973	0,44439
67	1,1694	0,1661	7,04	1,1039	0,12443	107	1,8675	0,4052	4,61	1,6077	0,45560
68	1,1868	0,1710	6,94	1,1184	0,12982	108	1,8850	0,4123	4,57	1,6180	0,46695
69	1,2043	0,1759	6,85	1,1328	0,13535	109	1,9024	0,4193	4,54	1,6282	0,47845
70	1,2217	0,1808	6,76	1,1472	0,14102	110	1,9199	0,4264	4,50	1,6383	0,49008
71	1,2392	0,1859	6,67	1,1614	0,14683	111	1,9373	0,4336	4,47	1,6483	0,50187
72	1,2566	0,1910	6,58	1,1756	0,15279	112	1,9548	0,4408	4,43	1,6581	0,51379
73	1,2741	0,1961	6,50	1,1896	0,15889	113	1,9722	0,4481	4,40	1,6678	0,52586
74	1,2915	0,2014	6,41	1,2036	0,16514	114	1,9897	0,4554	4,37	1,6773	0,53807
75	1,3090	0,2066	6,34	1,2175	0,17154	115	2,0071	0,4627	4,34	1,6868	0,55041
76	1,3265	0,2120	6,26	1,2312	0,17808	116	2,0246	0,4701	4,31	1,6961	0,56289
77	1,3439	0,2174	6,18	1,2450	0,18477	117	2,0420	0,4775	4,28	1,7053	0,57551
78	1,3614	0,2229	6,11	1,2586	0,19160	118	2,0595	0,4850	4,25	1,7143	0,58827
79	1,3788	0,2284	6,04	1,2722	0,19859	119	2,0769	0,4925	4,22	1,7233	0,60116
80	1,3963	0,2340	5,97	1,2856	0,20573	120	2,0944	0,5000	4,19	1,7321	0,61418

ректриссы. Соединяя полученные точки плавной кривой, получим параболу.

Второй способ построения. Даны вершина O, ось OX и точка параболы P (рис. 10). Строится прямоугольник $PNN'P'$; отрезки PN, NO, ON', и $N'P'$ делятся на равное число частей. Из точек

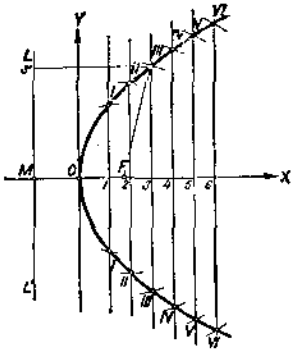


Рис. 9.

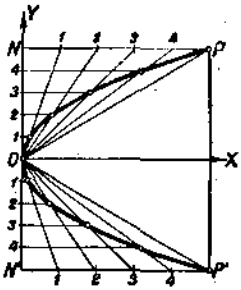


Рис. 10.

1, *2* и *3* отрезков NO и ON' проводятся прямые, $\parallel ox$, а точки 1, 2 и 3 отрезков NP и $N'P'$ соединяются с O. Пересечения одноименных прямых дадут точки параболы.

3. Гипербола.

Гипербола есть геометрическое место точек, разность расстояний которых от двух неподвижных точек — фокусов F и F_1 — есть величина постоянная (рис. 11).

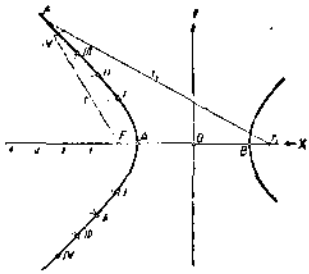


Рис. 11.

Уравнение гиперболы имеет следующий вид: $\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$, где a — расстояние от вершин до начала координат $= OA = OB$, а $b = \sqrt{c^2 - a^2}$, где $c = OF = OF_1$ — есть расстояние от фокуса до начала координат. [1])

Первый способ построения. Дано положение фокусов F и F_1 и одна из точек гиперболы P. Отрезок FF_1 делится пополам, и от его середины O откладываются в обе стороны отрезки OA и OB, равные разности расстояний точки P от фокусов, т. е. $\frac{}{2}(PF_1 - PF)$. Полученные точки называются вершинами гиперболы. На оси OX намечаются

[1]) Величина b, отложенная по оси OY вверх и вниз, дает две точки — вершины так называемой мнимой гиперболы (гиперболы сопряженной с данной); ее уравнение $\frac{y^2}{b^2} - \frac{x^2}{a^2} = 1$.

произвольные точки *1*, *2*, *3* и т. д. Из фокуса F, как центра, проводятся дуги радиусами $A—1$, $A—2$, и т. д., их пересечения с дугами, проведенными из фокуса F_1 радиусами $B—1$, $B—2$ и т. д., дадут точки *I*, *II*, *III* и т. д. Эти точки и будут точками гиперболы (вследствие следующего свойства гиперболы: $r_1 - r = \text{const} = 2a$).

Второй способ построения. Даны асимптоты гиперболы N и N' и одна из ее точек P (рис. 12). Проводится через точку P пучок прямых, которые в пересечении с асимптотами дадут точки *1*, *2*, *3* и т. д. *1'*, *2'*, *3'* и т. д.; от точек *1'*, *2'*, *3'* и т. д. откладываются отрезки: $1' - I = P - 1$, $2' - II = P - 2$, $3' - III = P - 3$ и т. д. Таким образом, получаются точки гиперболы *I*, *II*, *III* и т. д. (так как у гиперболы отрезки одной прямой, заключенные между гиперболой и асимптотами, равны между собой).

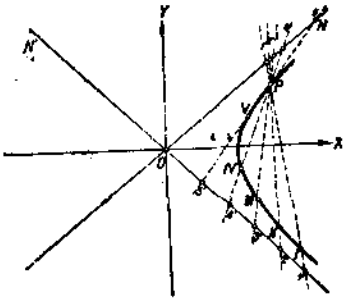


Рис. 12.

4. Спирали.

1. Архимедова спираль получается от равномерного движения точки по прямой, равномерно вращающейся вокруг точки O.

Уравнение архимедовой спирали имеет следующий вид: $r = a\varphi$, где a — коэфициент увеличения радиуса при увеличении угла его поворота (рис. 13).

Для построения архимедовой спирали проводится окружность радиусом $OA = r_0 = 2\pi a$, где r_0 — есть путь, пройденный точкой по прямой за время ее поворота на 360°. Радиус OA делится на произвольное равное число частей, и на такое же число частей делится окружность. На лучах $O - 1'$, $O - 2'$ и т. д. от центра откладываются отрезки $O - I$, $O - II$, $O - III$ и т. д., соответственно равные длинам $O - 1$, $O - 2$ и т. д. Полученные точки *I*, *II*, *III* и т. д. и будут точками архимедовой спирали.

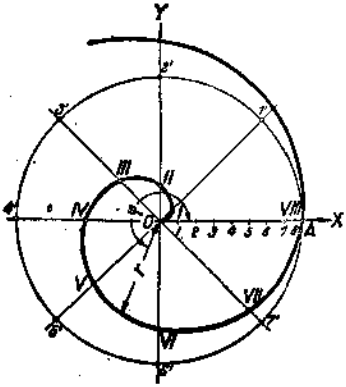


Рис. 13.

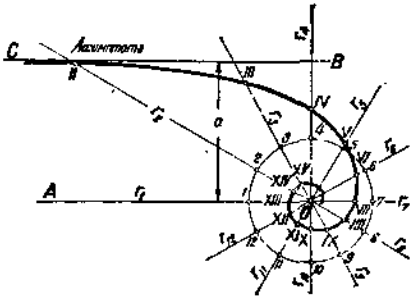


Рис. 14.

2. Гиперболическая спираль получается от движения точки по вращающемуся лучу таким образом, что ее расстояние от центра вращения всегда будет обратно пропорционально углу поворота луча, измеренному от начального положения. Уравнение гиперболической спирали имеет следующий вид: $r\varphi = a$, где a определяет расстояние асимптоты этой спирали от начала координат (рис. 14).

Так как при $\varphi = 0$ $r = \infty$, то прямая BC, проведенная параллельно полярной оси OA на расстоянии a, есть асимптота спирали. При $\varphi = \infty$ $r = 0$; поэтому полюс O есть асимптотическая точка спирали, вокруг которой спираль описывает бесконечное число оборотов и никогда ее не достигает.

Для построения гиперболической спирали проводят из полюса O, как центра, окружность произвольного радиуса и делят ее на произвольное число равных частей. Через полученные точки 1, 2, 3 и т. д. проводят лучи из полюса O. Если окружность была разделена на 12 частей, то φ_1, соответствующее лучу первому, равно 0; следовательно $r_1 = \infty$; $\varphi_2 = \frac{\pi}{6}$, следовательно $r_2 = \frac{6a}{\pi}$. Таким образом $r_3 = \frac{6a}{2\pi}$, $r_4 = \frac{6a}{3\pi}$, $r_5 = \frac{6a}{4\pi}$ и т. д. $r_n = \frac{6a}{(n-1)\pi}$.

Величины r откладываются на соответствующих лучах; полученные точки II, III, IV и т. д. и будут точками гиперболической спирали. При $\varphi = 0$ кривая асимптотически приближается к прямой BC, при $\varphi = \infty$ кривая асимптотически приближается к полюсу O.

3. Логарифмическая спираль получается от движения точки по лучу таким образом, что ее расстояния от центра растут по закону геометрической прогрессии, если углы поворота этого луча изменяются (возрастают) по закону арифметической прогрессии.

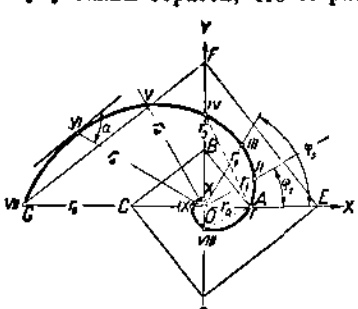


Рис. 15.

Уравнение логарифмической спирали имеет следующий вид: $r = ae^{m\varphi}$, где a — радиус спирали при $\varphi = 0$ и $m > 0$ (рис. 15).

Так как при $\varphi = -\infty$, $r = 0$, то полюс будет асимптотической точкой, вокруг которой спираль описывает бесконечное число оборотов, никогда ее не достигая.

Для построения логарифмической спирали следует задаться величиной m. Пусть $m = 0{,}5$; чтобы построить дугу спирали в промежутке от 0 до π, этот угол (т. е. от 0 до π) делится на некоторое число равных частей, например 6. Тогда $\angle\varphi$ для каждого радиуса $= \frac{\pi n}{6}$, где $n = 0$ для φ_0, $n = 1$ для φ_1, $n = 2$ для φ_2 и т. д. Отсюда $r = ae^{0{,}5\frac{\pi n}{6}} = a \cdot 1{,}3^n$; тогда $r_0 = a \cdot 1{,}3^1$ $r_1, = a \cdot 1{,}3^1$, $r_2 = a \cdot 1{,}3^2$, $r_3 = a \cdot 1{,}3^3$ и т. д. Для того, чтобы получить графически значения r_0, r_1, r_2 и т. д., на оси OX откладывается величина $OA = a$, а на оси OY величина $OB = 1{,}3a$. A и B соединяются прямой, затем проводится прямая $CB \perp$ к полученной прямой AB, $CD \perp CB$, $DE \perp CD$ и т. д., тогда отрезки CO, DO,

EO и т. д. и дадут искомые величины: $CO = a \cdot 1{,}3^2 = r_2$, $DO = a \cdot 1{,}3^3 = r_3$ и т. д., которые и откладываются на соответственных лучах. *Таким образом находятся точки логарифмической спирали I, II, III* и т. д.

Чтобы найти точки пересечения координатных осей с продолжением спирали, точка I соединяется с IV, затем проводится прямая $I - VIII \perp I - IV$, $VIII - IX \perp VIII - I$ и т. д. Полученные точки VIII, IX, X и т. д. будут тоже точками логарифмической спирали. Угол α, образованный касательной с радиусом вектором, будет для всех точек спирали постоянным и равным $\operatorname{arc\,ctg} m$.

5. Циклические кривые.

1. *Циклоида есть кривая, описанная точкой, лежащей на окружности,* при качении без скольжения этой окружности по прямой.

Уравнения циклоиды имеют следующий вид:

$$x = r(\varphi - \sin\varphi);\ y = r(1 - \cos\varphi),$$

где r — радиус катящейся окружности, а φ — угол, образуемый радиусом и осью окружности.

Для построения циклоиды (рис. 16) на прямой AB откладывается отрезок $AC = \pi r$, равный половине длины катящейся окружности. Дуга AD и прямая AC делятся на одинаковое число равных частей, например четыре. Из полученных точек *1*, *2*, *3* и т. д. проводят прямые $\parallel AC$, а из точек *1'*, *2'*, *3'* и т. д. проводят прямые $\perp AC$. От точек пересечения одноименных прямых *1''*, *2''*, *3''* и т. д. откладываются отрезки $2'' - II = a - 2$, $3'' - III = b - 3$ и т. д. Точки *I*, *II*, *III* и т. д. будут точками циклоиды.

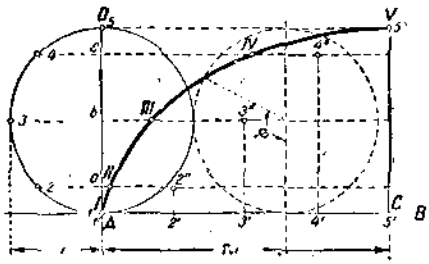


Рис. 16.

Удлиненная (или укороченная) циклоида получается, когда описывающая ее точка находится внутри (или снаружи) катящейся окружности, на расстоянии p от центра; уравнение этой циклоиды имеет следующий вид:

$$x = r\varphi - p\sin\varphi;\ y = r - p\cos\varphi.$$

2. **Эпициклоида есть кривая, описанная точкой, лежащей на окружности, при качении без скольжения этой окружности по другой окружности, касаясь ее извне.**

Уравнения эпициклоиды имеют следующий вид:

$$x = (R + r)\cos\frac{r}{R}\varphi - r\cos\frac{R + r}{R}\varphi;$$

$$y = (R + r)\sin\frac{r}{R}\varphi - r\sin\frac{R + r}{R}\varphi,$$

где R — радиус основной окружности,[1]) r — радиус катящейся окружности, а φ — угол, описываемый этим радиусом.

[1]) Основной окружностью называется окружность, по которой производится качение.

Для построения эпициклоиды (рис. 17) на основной окружности откладывается дуга $AB = \pi r$ = половине катящейся окружности. Дуги AB и AC делятся на одинаковое число равных частей, например на четыре части. Через точки $1'$, $2'$, $3'$ и т. д. проводятся лучи из точки O, а через 1, 2, 3 и т. д. проводятся окружности с центром в O. От точек $1''$, $2''$, $3''$ и т. д., полученных при пересечении окружностей с соответственными лучами, откладываются дуги $2'' - II = c - 2$, $3'' - III = b - 3$ и т. д. Точки I, II, III и т. д. будут точками эпициклоиды.

Удлиненная или укороченная эпициклоида получается, когда описывающая ее точка находится внутри или снаружи катящейся окружности на расстоянии p от центра; уравнение этой эпициклоиды имеет следующий вид:

$$x = (R + r)\cos\frac{r}{R}\varphi - p\cos\frac{R + r}{R}\varphi;$$

$$y = (R + r)\sin\frac{r}{R}\varphi - p\sin\frac{R + r}{R}\varphi.$$

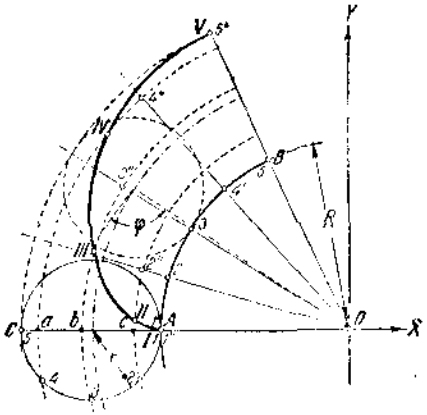


Рис 17.

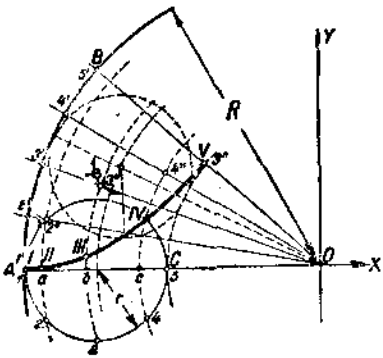


Рис. 18.

3. Гипоциклоида есть кривая, описанная точкой, лежащей на окружности, при качении без скольжения этой окружности по другой окружности, касаясь ее изнутри.

Уравнения гипоциклоиды имеют следующий вид:

$$x = (R - r)\cos\frac{r}{R}\varphi + r\cos\frac{R - r}{R}\varphi;$$

$$y = (R - r)\sin\frac{r}{R}\varphi - r\sin\frac{R - r}{R}\varphi;$$

где R — радиус основной окружности, r — радиус катящейся окружности, φ — угол, описываемый этим радиусом.

Построение гипоциклоиды (рис. 18) производится аналогично построению эпициклоиды.

Уравнения удлиненной или укороченной гипоциклоиды имеют следующий вид (p — расстояние точки, описывающей гипоциклоиду, от центра катящейся окружности):

$$x = (R - r)\cos\frac{r}{R}\varphi + p\cos\frac{R-r}{R}\varphi;$$

$$y = (R - r)\sin\frac{r}{R}\varphi - p\sin\frac{R-r}{R}\varphi.$$

4. Эвольвента окружности есть кривая, описанная точкой, лежащей на прямой, при качении без скольжения этой прямой по окружности.

Уравнения эвольвенты имеют следующий вид:

$$x = r_0(\cos\psi + \psi\sin\psi);$$
$$y = r_0(\sin\psi - \psi\cos\psi),$$

где r_0 — радиус окружности, а ψ — угол поворота прямой.

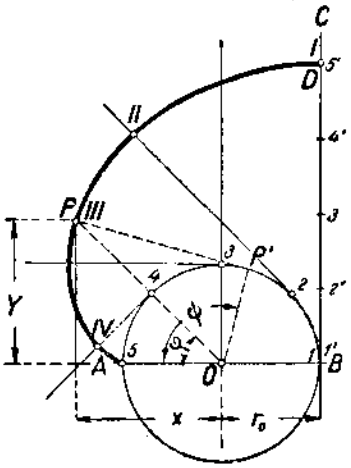
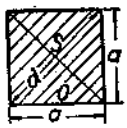
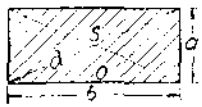


Рис. 19.

Для построения эвольвенты (рис. 19) на прямой BC откладывается отрезок BD, равный полуокружности катящегося круга = дуге $AB = \pi r_0$. Прямая BD и дуга AB делятся на одинаковое число равных частей, например на четыре. Через точки *1, 2, 3* и т. д. проводятся касательные к окружности, и на них откладываются отрезки $1 - II = 2' - 5'$, $3 - III = 3' - 5'$ и т. д. Точки *I, II, III* и т. д. будут точками эвольвенты.

5. ВЫЧИСЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛОСКИХ ФИГУР.

Площадь — F **Периметр — P** **Длина окружн. — L** **„ дуги — l**	Число сторон многоугольника — n Радиус описанной окружности — R „ вписанной „ — r Центр тяжести — S Радиус кривизны — ρ
 **Квадрат**	$F = a^2 = \frac{1}{2}d^2;\ a = 0{,}7071d = \sqrt{F};$ $d = 1{,}414a = 1{,}414\sqrt{F};$ S — в точке пересечения диагоналей; $OS = \frac{a}{2}.$



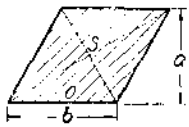
Прямоугольник

$$F = a \cdot b = a\sqrt{d^2 - a^2} = b\sqrt{d^2 - b^2};$$

$$d = \sqrt{a^2 + b^2};\ a = \sqrt{d^2 - b^2} = \frac{F}{b};$$

$$b = \sqrt{d^2 - a^2} = \frac{F}{a};$$

S — в точке пересечения диагоналей $OS = \frac{a}{2}$.

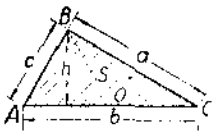


Параллелограмм

$$F = a \cdot b;\ a = \frac{F}{b};\ b = \frac{F}{a};$$

S — в точке пересечения диагоналей;

$$OS = \frac{a}{2}.$$



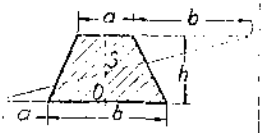
Треугольник

$$F = \frac{b \cdot h}{2} = \frac{b}{2}\sqrt{a^2 - \left(\frac{a^2 + b^2 - c^2}{2b}\right)^2};$$

$P = \frac{1}{2}(a + b + c)$, тогда $F =$

$= \sqrt{P(P - a)(P - b)(P - c)}$; $AO = OC$,

$OS = \frac{1}{3}h$; S — в точке пересечен. медиан

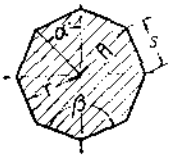
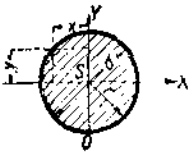
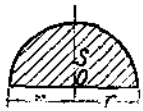
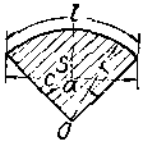


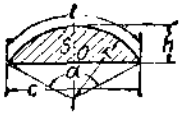
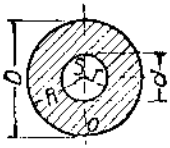
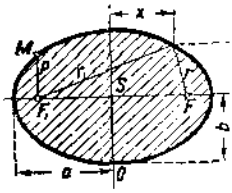
Трапецоид

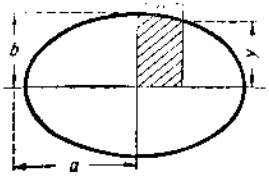
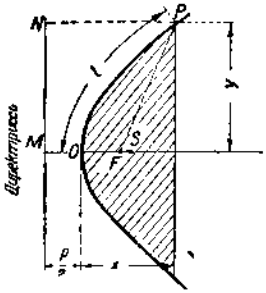
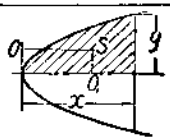
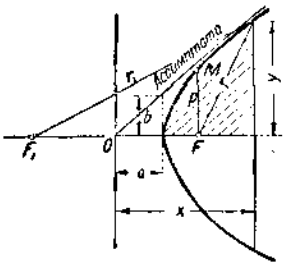
$$F = \frac{(a + b)h}{2};\quad SO = \frac{1}{3}h\,\frac{2b + a}{a + b}.$$

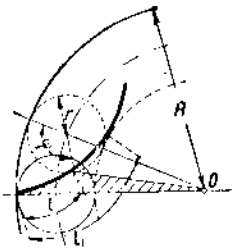
Трапеция

$$F = \frac{(H + h)a + b \cdot h + c \cdot H}{2}.$$

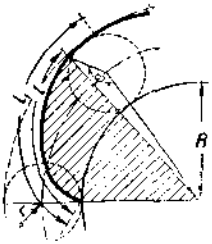
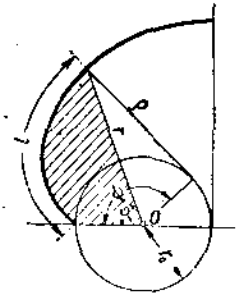
 Правильный шестиугольник	$F = 2{,}598s^2 = 2{,}598R^2 = 3{,}464r^2;$ $R = s = 1{,}155r;\ r = 0{,}866s = 0{,}866R;$ $s = R = 1{,}155r;$ S — в геометрическом центре; $OS = r\sqrt{\frac{3}{4}} = 0{,}866r.$
 **Правильный многоугольник**	$\alpha = 360° : n;\ \beta = 180° - \alpha;\ F = \frac{n \cdot s \cdot r}{2} =$ $= \frac{n \cdot s}{2}\sqrt{R^2 - \frac{s^2}{4}};\ R = \sqrt{r^2 + \frac{s^2}{4}};$ $r = \sqrt{R^2 - \frac{s^2}{4}};\ s = 2\sqrt{R^2 - r^2};$ S — в геометрическом центре.
 **Круг**	$x^2 + y^2 = r^2;$ $F = \pi \cdot r^2 = 3{,}1416r^2 = 0{,}7854d^2;$ $L = 2\pi \cdot r = 6{,}2832r = 3{,}1416d;$ $r = L : 6{,}2832 = \sqrt{F : 3{,}1416} = 0{,}564\sqrt{F};$ $d = L : 3{,}1416 = \sqrt{F : 0{,}7854} = 1{,}128\sqrt{F};$ S — в центре круга; $OS = r.$
 **Полукруг**	$F = \frac{\pi \cdot r^2}{2} = 1{,}5708r^2 = 0{,}3927d^2;$ $SO = \frac{4r}{3\pi} = 0{,}43r.$
 **Сектор**	$l = \frac{r \cdot \alpha \cdot 3{,}1416}{180} = 0{,}01745r \cdot \alpha = \frac{2F}{r};$ $F = \frac{1}{2}r \cdot l = 0{,}008727\alpha \cdot r^2;\ \alpha = \frac{57{,}296l}{r};$ $r = \frac{2F}{l} = \frac{57{,}296l}{\alpha};\ SO = \frac{2r \cdot c}{3l}.$

 Сегмент	$c = 2\sqrt{h(2r-h)}$; $F = \frac{1}{2}[r \cdot l - c(r-h)]$; $r = \frac{c^2+4h^2}{8h}$; $l = 0{,}01745 r \cdot \alpha$; $h = r - \frac{1}{2}\sqrt{4r^2 - c^2}$; $\alpha = \frac{57{,}296 l}{r}$; $SO = \frac{c^3}{12F}$.
 Кольцо	$F = \pi(R^2 - r^2) = 3{,}1416(R^2 - r^2) =$ $= 3{,}1416(R+r)(R-r) =$ $= 0{,}7854(D^2 - d^2) = 0{,}7854(D+d)(D-d)$; S — в геометрическом центре; $OS = R$.
 Кольцевой сектор	$F = \frac{\alpha \cdot \pi}{360}(R^2 - r^2) = 0{,}00873\alpha(R^2 - r^2) =$ $= \frac{\alpha \cdot \pi}{4 \cdot 360}(D^2 - d^2) = 0{,}00218\alpha(D^2 - d^2)$; $OS = 38{,}197\frac{(R^3 - r^3)\sin\alpha}{(R^2 - r^2)\alpha}$.
 Эллипс	$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$; Приближенное значение периметра $2P = 3{,}1416\sqrt{2(a^2+b^2)}$; Более точное значение периметра $2P = 3{,}1416\sqrt{2(a^2+b^2) - \frac{(a-b)^2}{4}}$; $F = \pi \cdot a \cdot b = 3{,}1416 a \cdot b$; S — в точке пересечения осей; $OS = b$; $FS = F_1S = \sqrt{a^2 - b^2}$; $r_1 + r = 2a$; $F_1M = p = \frac{b^2}{a}$; $\rho = a^2 \cdot b^2\left(\frac{x^2}{a^4} + \frac{y^2}{b^4}\right)^{\frac{3}{2}} = \frac{(r \cdot r_1)^{\frac{3}{2}}}{a \cdot b}$.

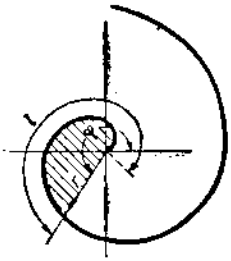
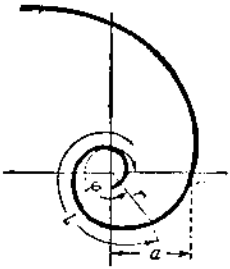
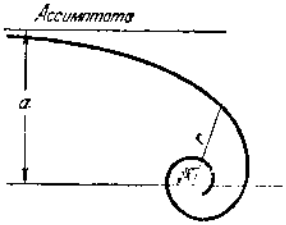
 Эллипс	$$F=\frac{x\cdot y}{2}+\frac{a\cdot b}{2}\ \text{arc sin}\ \frac{x}{a}.$$
 Парабола	$$y=2p\cdot x;$$ $$l=\frac{p}{2}\left[\sqrt{\frac{x}{p}\left(1+\frac{2x}{p}\right)}+\right.$$ $$\left.+\text{лог.}\ \lg\left(\sqrt{\frac{2x}{p}}+\sqrt{1+\frac{2x}{p}}\right)\right];$$ Если x очень мал сравнительно с y, выражение для l принимает следующий вид: $$l=y\left[1+\frac{2}{3}\left(\frac{x}{y}\right)^2-\frac{2}{3}\left(\frac{x}{y}\right)^4\right]\ \text{или}$$ $$l=\sqrt{y^2+\frac{4}{3}x^2};\ SO=\frac{3x}{5};$$ $$OF=\frac{p}{2}=OM;$$ $$FP=PN=\frac{p}{2}+x;$$ $$F=\frac{4}{3}x\cdot y.$$
 Парабола	$$F=\frac{2}{3}x\cdot y;\ SO=\frac{3x}{5};\ SO_1=\frac{3y}{8}.$$
 Гипербола	$$\frac{x^2}{a^2}-\frac{y^2}{b^2}=1;$$ $$F=\frac{x\cdot y}{2}-\frac{a\cdot b}{2}\ \text{лог.}\ \lg\left(\frac{x}{a}+\frac{y}{b}\right);$$ $$\rho=\frac{(a^2\cdot b^2\left(\frac{x^2}{a^4}+\frac{y^2}{b^4}\right)^{\frac{3}{2}}}{a\cdot b}=\frac{(r\cdot r_1)^{\frac{3}{2}}}{a\cdot b};$$ $$OF=OF_1=\sqrt{a^2+b^2};$$ $$r_1-r=\pm 2a;$$ $$FM=p=\frac{b^2}{a}.$$

 Циклоида	$x = r(\varphi - \sin\varphi);\ y = r(1 - \cos\varphi);$ $F = 3\pi \cdot r^2 = 9{,}4248r^2 = 2{,}3562d^2;$ $l = 8r = 4d;$ $\rho = 4r \cdot \sin\frac{\varphi}{2} = 2\sqrt{2r \cdot \bar{y}}.$
 Циклоида	$F = r^2\left(\frac{3}{2}\varphi - 2\sin\varphi + \frac{1}{4}\sin 2\varphi\right) =$ $\frac{3}{2}r\ x - \frac{1}{2}y\sqrt{(2r - y)y};$ $l = 4r\left(1 - \cos\frac{\varphi}{2}\right) = 4r \pm 2\sqrt{2r(2r - y)}$
 Эпициклоида	$x = (R + r)\cos\frac{r}{R}\varphi - r \cdot \cos\frac{R + r}{R};$ $y = (R + r)\sin\frac{r}{R}\varphi - r \cdot \sin\frac{R + r}{R};$ $F = \frac{1}{2} \cdot \frac{r}{R}(R + r)(R + 2r)(\varphi - \sin\varphi);$ $l = 4\frac{r}{R}(R + r)\left(1 - \cos\frac{\varphi}{2}\right);$ $l_1 = 4\frac{r}{R}(R + r);$ $\rho = [4r(R + r)(R + 2r]\sin\frac{\varphi}{2}.$

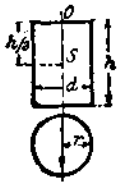
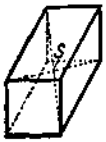
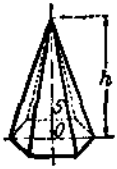
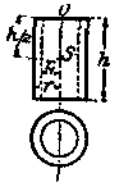
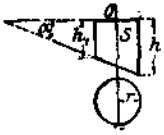
Примечание: x и y — координаты точки на циклической кривой, соответствующие заданному углу поворота радиуса катящейся окружности (начало координат — точка 0).

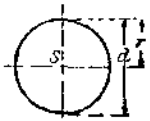
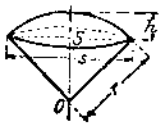
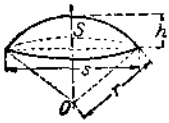
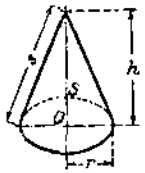
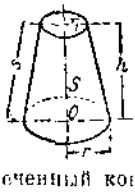
 Гипоциклоида	$x = (R - r)\cos\frac{r}{R}\varphi + r\cos\frac{R-r}{R}\varphi;$ $y = (R - r)\sin\frac{r}{R}\varphi - r\sin\frac{R-r}{R}\varphi;$ $F = \frac{1}{2}\cdot\frac{r}{R}(R - r)(R - 2r)(\varphi - \sin\varphi);$ $l = 4\frac{r}{R}(R - r)\left(1 - \cos\frac{\varphi}{2}\right);$ $l_1 = 4\frac{r}{R}(R - r);$ $\rho = [4r(R - r)(R - 2r)]\sin\frac{\varphi}{2}.$
 Эвольвента окружности	$x = r_0(\cos\psi + \psi\sin\psi);$ $y = r_0(\sin\psi - \psi\cos\psi);$ $F = \frac{1}{6}r_0^2\psi^3 = \frac{l}{3}l\cdot\psi;$ $l = \frac{\varphi^2}{2r_0} = r_0\frac{\psi^2}{2} = \frac{r^2}{2r_0} - \frac{r_0^2}{2}$ $\rho = \psi\, r_0.$

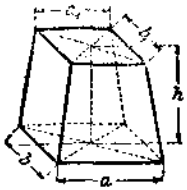
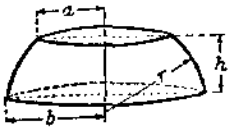
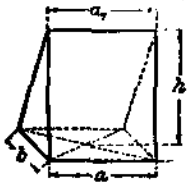
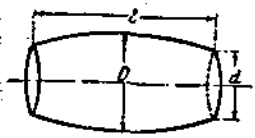
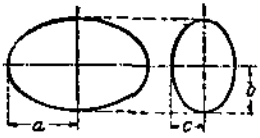
Примечание: x и y — координаты точки на эвольвенте, соответствующие заданному углу поворота радиуса в развертываемой окружности (начало координат — точка 0).

 **Архимедова спираль**	$r = a \cdot \varphi;$ $l = \frac{1}{2} a(\varphi \sqrt{1+\varphi^2} + \arcsin \varphi);$ Для многих оборотов $l \approx \frac{1}{2} a \cdot \varphi^2;$ $\rho = \frac{(a^2+r^2)^{\frac{3}{2}}}{2a^2+r^2};$ $F = \frac{r^3}{6a}$, считая от полюса до данного r.
 **Логарифмич. спираль**	$r = a \cdot e^{m\varphi} \ (m > 0);$ $l = \frac{r}{\cos \varphi} = \sqrt{1+m^{-2}}\, r,$ считая от полюса до данной точки.
 Гиперболич. спираль	$r \cdot \varphi = a;$ $\rho = r(r^2 \cdot a^2 + 1)^{\frac{3}{2}}.$

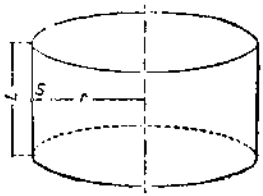
6. ВЫЧИСЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ И ОБЪЕМОВ ТЕЛ

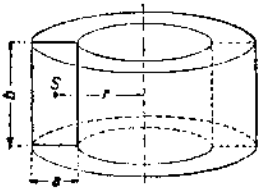
Фигура	Поверхность F Боков. пов. M	Центр тяжести s	Объем V
 Цилиндр	$M = 2\pi \cdot r \cdot h = \pi \cdot d \cdot h$	$SO = \frac{h}{2}$	$V = \pi \cdot r^2 \cdot h = \frac{\pi \cdot d^2}{4} h$
 Призма	F = периметр · высоту + удвоенная площадь основания	Точка пересечения диагоналей	V = длине · ширину · высоту
 Пирамида	F = сумме площадей треугольников + площадь основания	$SO = \frac{1}{4} h$	$V = \frac{h}{3} \cdot$ площ. основ.
 Полый цилиндр	M = внутренней + внешней поверхн. $= 2\pi \cdot h (r + r_1)$	$SO = \frac{h}{2}$	$V = \pi \cdot h (r^2 - r_1^2)$
 Кососрезанный цилиндр	$M = \pi\ r(h + h_1)$	$SO = \frac{h + h_1}{4} + \frac{1}{4} \cdot \frac{r^2 \cdot \mathrm{tg}^2\alpha}{h + h_1}$	$V = \pi \cdot r^2\ \frac{h + h_1}{2}$

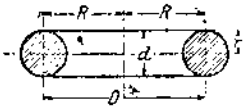
Фигура	Поверхность F Боков. пов. M	Центр тяжест. S	Объем V
 Шар	$F=4\pi\cdot r^2=\pi\cdot d^2$	в центре	$V=\frac{4}{3}\pi\cdot r^3=$ $=\frac{\pi\cdot d^3}{6}$
 Шаровой сектор	$F=\frac{\pi\cdot r}{2}(4h+s)$	$SO=\frac{3}{4}\left(r-\frac{h}{2}\right)$	$V=\frac{2}{3}\pi\cdot r^2\cdot h$
 Шаровой сегмент	$M=2\pi\cdot r\ h=$ $=\frac{\pi}{4}(s^2+4h^2)$	$SO=$ $=\frac{3}{4}\cdot\frac{(2r-h)^2}{3r-h}$	$V=\pi\cdot h^2\left(r-\frac{h}{3}\right)=$ $=\pi\cdot h\left(\frac{s^2}{8}+\frac{h^2}{6}\right)$
 Конус	$M=\pi\cdot r\cdot s=$ $=\pi\cdot r\sqrt{r^2+h^2}$	$SO=\frac{1}{4}h$	$V=\frac{h}{3}r^2\cdot\pi$
 Усечен. пирамида	F=сумме площадей трапеций + верхнее и нижнее основание	$SO=\frac{h}{4}\cdot$ $\frac{f_2+2\sqrt{f_2\cdot f_1}+3f_1}{f_2+\sqrt{f_2\cdot f_1}+f_1}$	$V=\frac{h}{3}\cdot$ $\cdot(f_2+f_1+\sqrt{f_2\cdot f_1})$ (f_1 верхнее, f_2 нижн. основ.)
 Усеченный конус	$M=\pi\cdot s(r+r_1)$	$SO=\frac{h}{4}\cdot$ $\frac{r^2+2r\cdot r_1+3r_1^2}{r^2+r\cdot r_1+r_1^2}$	$V=(r^2+$ $+r_1^2+r\cdot r_1)\frac{\pi\cdot h}{3}$

Фигура	Поверхность F Бок. пов. M	Объем V
 Обелиск	F = сумме 4 трапеций + оба основания	$V = \frac{h}{6}\{[2a + a_1)b + (2a_1 + a)b_1] = \frac{h}{6}[a \cdot b + a_1 \cdot b_1 + (a + a_1)(b + b_1)\}$
 Шаровой пояс	$M = 2r \cdot \pi \cdot h$	$V = \frac{\pi \cdot h}{6}(3a^2 + 3b^2 + h^2)$
 Клин	M = сумме двух трапеций и двух треугольников	$V = (2a + a_1)\frac{b \cdot h}{6}$
 Бочка	Простыми формулами не выражается	приближенно $V = \frac{\pi \cdot l}{15}(2D^2 + D \cdot d + 0{,}75\,d^2)$
 Эллипсоид	Простыми формулами не выражается	$V = \frac{4}{3}a \cdot b \cdot c \cdot \pi$

Объем тел вращения.







Поверхность вращения F, образуемая вращением линии L вокруг оси, равна длине образующей L, помноженной на путь $(2\pi \cdot r)$, описанный центром тяжести S этой линии при вращении ее вокруг оси.

Объем V тела вращения, образованного вращением площади F_1 вокруг оси, равен площади F_1 умноженной на путь $(2\pi \cdot r)$, описанный ее центром тяжести S вокруг этой оси.

$$F_1 = a \cdot b;$$

$$V = F_1 \cdot 2\pi \cdot r = a \cdot b \cdot 2\pi \cdot r.$$

Пример: цилиндрическое кольцо.

$$F = 4\pi^2 \cdot R \cdot r = 39{,}478\, R \cdot r$$

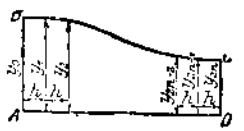
$$F = \pi^2 \cdot D \cdot d = 9{,}8696\, D \cdot d$$

$$V = \frac{\pi^2 \cdot R \cdot d^2}{2} = 4{,}9348\, R \cdot d^2$$

$$V = \frac{\pi^2 \cdot D \cdot d^2}{4} = 2{,}4674\, D \cdot d^2$$

$$V = 2\pi^2 \cdot R \cdot r^2 = 19{,}739\, R \cdot r^2.$$

Определение площади, ограниченной произвольной кривой.



Площадь ограничена линиями:

$$BA = y_0 \perp AD$$

$$CD = y_{2n} \perp AD.$$

BC произвольная кривая. Площадь делится на четное число $(2n)$ частей путем нанесения на равных расстояниях прямых, параллельных y_0; тогда

$$F = \frac{h}{3}(y_0 + 4y_1 + 2y_2 + 4y_3 + \ldots + 2y_{2n-2} + 4y_{2n-1} + y_{2n}).$$

Объем шаров

d	,0	,25	,5	,75	d	,0	,5	d	,0	,5
10	523,60	563,86	606,13	650,46	40	33510	34783	70	179594	183471
11	696,91	745,51	796,33	849,40	41	36087	37423	71	187402	191389
12	904,78	962,52	1022,7	1085,3	42	38792	40194	72	195432	199532
13	1150,3	1218,0	1288,2	1361,2	43	41630	43099	73	203689	207903
14	1436,8	1515,1	1596,3	1680,3	44	44602	46141	74	212175	216505
15	1767,1	1857,0	1949,8	2045,7	45	47713	49321	75	220893	225341
16	2144,7	2246,8	2352,1	2460,6	46	50965	52645	76	229847	234414
17	2572,4	2687,6	2806,2	2928,2	47	54362	56115	77	239040	243728
18	3053,6	3182,6	3315,2	3451,5	48	57906	59734	78	248475	253284
19	3591,4	3735,0	3882,4	4033,7	49	61601	63506	79	258155	263088
20	4188,8	4347,8	4510,8	4677,9	50	65450	67433	80	268083	273141
21	4849,0	5024,3	5203,7	5387,4	51	69456	71519	81	278262	283447
22	5575,3	5767,6	5964,1	6165,2	52	73622	75767	82	288696	294010
23	6370,6	6580,6	6795,2	7014,3	53	77952	80178	83	299387	304831
24	7238,2	7466,7	7700,1	7938,3	54	82448	84760	84	310339	315915
25	8181,2	8429,2	8682,0	8939,9	55	87114	89511	85	321555	327264
26	9202,8	9470,8	9744,0	10022	56	91952	94438	86	333038	338882
27	10306	10595	10889	11189	57	96967	99541	87	344791	350771
28	11494	11805	12121	12443	58	102160	104826	88	356818	362935
29	12770	13103	13442	13787	59	107530	110294	89	369121	375378
30	14137	14494	14856	15224	60	113097	115949	90	381704	388102
31	15599	15979	16366	16758	61	118847	121794	91	391569	401109
32	17157	17563	17974	18392	62	124788	127832	92	407720	414405
33	18817	19248	19685	20129	63	130924	134067	93	421160	427991
34	20580	21037	21501	21972	64	137258	140501	94	434893	441871
35	22449	22934	23425	23924	65	143793	147138	95	448921	456047
36	24429	24942	25461	25988	66	150533	153980	96	463247	470524
37	26522	27063	27612	28168	67	157479	161032	97	477875	485302
38	28731	29302	29880	30466	68	164636	168295	98	492807	500388
39	31059	31661	31270	32886	69	172007	175774	99	508047	515785

Поверхность шара: $F = 4\pi \cdot r^2 = 12{,}566 r^2 = \pi \cdot d^2$.

„ шарового пояса: $F = 2\pi \cdot r \cdot h$.

Объем шара: $V = \frac{4}{3}\pi \cdot r^3 = 4{,}1888\, r^3 = 0{,}5236\, d^3$.

Радиус $r = 0{,}62035 \sqrt[3]{V}$.

Объем шарового сегмента: $V = {}^1/_6\, \pi \cdot h\,(3a^2 + h^2) = {}^1/_3\, \pi \,.\, h^2\,(3r - h)$, если r радиус шара, a радиус площади сечения и h высота сегмента.

Объем шарового пояса: $V = {}^1/_6\, \pi \cdot h\,(3a^2 + 3b^2 + h^2)$, если a и b радиусы оснований.

Объем шарового сектора: $V = {}^2/_3\, \pi \cdot r^2 \cdot h$, если h высота соответствующего сегмента.

Вес = объему $\times$ удельный вес.

II. МЕРА И ВЕС

1. МЕЖДУНАРОДНАЯ МЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА МЕР.

Международная метрическая система мер *является системой*, получившей максимальное признание и распространение во всем мире. В настоящее время метрическая система применяется обязательно по закону в Австрии, Аргентине, Бельгии, Болгарии, Боливии, Бразилии, Венгрии, Венецуэле, Гаити, Гватемале, Германии, Голландии, Гондурасе, Дании, Исландии, Испании, Италии, Колумбии, Коста-Рике, Кубе, Латвии, Литве, Люксембурге, Мальте, Мексике, Никарагуа, Норвегии, Панаме, Перу, Польше, *Португалии, Румынии, Сан-Сальвадоре, СССР, Тунисе, Уругвае*, Финляндии, Франции, Чехословакии, Чили, Швейцарии, Швеции, Эквадоре, Эстонии и Югославии. В Афганистане, Марокко, Персии, Сиаме, Турции и Японии метрическая система находится в стадии введения. В Англии с ее доминионами и колониями и в САСШ метрическая система допущена законом к применению.

Для охранения основ метрической системы и содействия ее распространению *20 мая 1875 г.* Германией, Австро-Венгрией, Бельгией, Аргентиной, Данией, Испанией, САСШ, Францией, Италией, Перу, Португалией, Россией, Швецией и Норвегией, Швейцарией, Турцией и Венецуэлой была подписана метрическая конвенция, к которой позднее присоединились еще Сербия (1879), Румыния (1881), Великобритания (1881), Япония (1885), Мексика (1890), Канада (1907), Уругвай (1908), Чили (1908), Болгария (1911), Бразилия (1920), Финляндия (1921), Чехословакия (1922), Ирландия (1925), Польша (1925) и Голландия (1929). На основании конвенции учреждено в Севре, близ Парижа, Международное бюро мер и весов, составляющее общую собственность подписавших конвенцию государств, которое изготовило международные прототипы основных единиц системы — метра и килограмма — и *копии их для участников конвенции*; оно хранит международные прототипы, производит сличения точных мер с прототипами и выполняет другие работы, способствующие успехам метрической системы и развитию точной метрологии. Работа Бюро находится под контролем Международного комитета мер и весов, состоящего из 18 человек — представителей различных государств, участвующих в конвенции. Более крупные вопросы обсуждаются на международных *конференциях мер и весов, созываемых в Париже каждые* шесть лет (VII конференция была в 1927 году).

Основным качеством метрической системы является то, что эта система д е с я т и ч н а я, т. е. что в ней применяются исключительно единичные отношения, равные 10 или степеням 10. В соответствии с этим названия отдельных единиц составлены по общему правилу: берется название основной единицы (метр — для мер длины, грамм — для мер веса *литр — для мер объема), и к нему прибавляются приставки*, взятые для кратных мер из греческого языка, а для подразделений—из латинского языка, и обозначающие:

мирия	*кило*	*гекто*	*дека*	*деци*	*санти*	*милли*	*микро*
10000	1000	100	10	0,1	0,01	0,001	0,0 0001

Последовательное применение этой системы названий нарушается *лишь* немногими исключениями для единиц, введенных в систему позднее: центнер (в некоторых странах называемый также квинталом) = = 100 килограммам, тонна = 1000 килограммам, микрон = 1/1000 миллиметра, а также для синонимов: ар = 100 кв. метрам, и употребляемый лишь в *немногих странах (но не у нас) специально в применении к измерению* дров стер = 1 куб. метру.

Другим основным качеством метрической системы является простота связи между основными единицами веса и объема: единица объема жидкостей и сыпучих веществ есть литр, равный объему 1 килограмма воды при ее наибольшей плотности; объем 1 килограмма вместе с тем для всех случаев практики и даже для большинства научных работ *можно считать* равным 1 кубическому дециметру (точно = 1,000027 куб. дециметра).

2. СТАРЫЕ РУССКИЕ МЕРЫ.

Русские меры впервые установлены с надлежащей точностью в XVIII в. В качестве основной меры длины была установлена сажень, „равная семи настоящим английским футам с разделением на три аршина".

В 1747 г. комитет для точного определения российских линейных мер и весов изготовил бронзовый волоченный образцовый русский фунт, *хранившийся с тех пор на С.-Петербургском монетном* дворе.

В 1833 г. Комиссией для приведения в единообразие мер и весов в империи, при участии главным образом академика А. Т. Купфера, был выработан указ „О системе Российских мер и весов" и изготовлены новые образцы основных единиц — нормальная сажень из шести платиновых и шести латунных полос, помещенных в пазах на боковой поверхности двух латунных цилиндров, и образцовый платиновый фунт, сде*ланный точно по фунту 1747 г.* Для хранения образцовых мер было учреждено тогда же Депо образцовых мер, сначала помещавшееся на Монетном дворе, а в 1878 г. перенесенное в новое специально построенное здание по Забалканскому (ныне Международному) проспекту.

В 1893 г. по проекту Д. И. Менделеева *Депо образцовых мер было* преобразовано в Главную палату мер и весов — теперь Всесоюзный институт метрологии и стандартизации (ВИМС).

Первой задачей Палаты было возобновление прототипов (основных образцов) русских мер длины и веса, что и было исполнено в течение 1893 — 1895 гг.

Положением о мерах и весах 4 июля 1899 г. система русских мер установлена *в той форме, как она применялась до последнего времени.*

Основанием русских мер массы служил фунт, согласованный с платиновым фунтом 1835 г., приготовленным по бронзовому золоченному фунту 1747 г., и выраженный в образцовом фунте (прототипе) из иридистой платины, носящем знаки „Н 1894" и равняющемся сорока миллионам девятистам пятидесяти одной тысяче двумстам сорока одной стомиллионной части международного килограмма (с точностью стомиллионной *доли килограмма).*

Основанием русских линейных мер служил аршин, согласованный с двадцатью восемью английскими дюймами, выраженный в образцовом нарезном аршине (прототипе) из иридистой платины, носящем знаки „Н 1894" и равняющемся семистам одиннадцати тысячам двумстам миллионным частям международного метра (с точностью миллионной части метра, при температуре семнадцать градусов по стоградусному международному водородному термометру.

Метрические меры.

Наименование мер и единичные соотношения	Сокращенные обозначения		В русских мерах
	Русские	Лат.	
1. Меры массы (веса).			
Метрическая тонна = 1000 килограммам.	*т*	*t*	61,048 пуда
Метрический центнер или квинтал = = 100 килограммам	*ц*	*q*	6,1048 п.
(Мириаграмм = 10 килограммам) . . .	—	—	24,419 фн.
Килограмм = 1000 граммам	*кг*	*kg*	2,4419 фн.
(Гектограмм = 100 граммам).	—	*hg*	23,443 з.
(Декаграмм = 10 граммам)	—	*dag*	2,3443 з.
Грамм = 1000 миллиграммам	*г*	*g*	0,23443 з.
(Дециграмм = 1/10 грамма)	—	*dg*	2,250 дл.
(Сантиграмм = 1/100 грамма)	—	*cg*	0,225 дл.
Миллиграмм = 1/1000 грамма	*мг*	*mg*	0,0225 дл.
(Микрограмм = 1/1000000 грамма) . . .	—	*γ*	0,0000225 дл.
(Карат = 200 миллиграммам)	—	—	4,500 дл
2. Меры линейные.			
(Мириаметр = 10000 метрам) . . .	—	*μm*	9,37383 врс.
Километр = 1000 метрам.	*км*	*km*	0,937383 врс
(Гектометр = 100 метрам)	—	*hm*	46,8691 с.
(Декаметр = 10 метрам)	—	*dam*	4,68691 с.
Метр = 10 дециметрам	*м*	*m*	1,40607 а. 3,28084 фт. 39,37008 дм.
Дециметр = 10 сантиметрам	*дм*	*dm*	2,24971 врш.
Сантиметр = 10 миллиметрам	*см*	*cm*	0,224971 врш.
Миллиметр.	*мм*	*mm*	0,022497 врш
Микрон = 1/1000 миллиметра	*μ*	*μ*	—
3. Меры площадей или квадратные			
Квадрат. километр = 1000000 кв. метр	*км²; кв км*	*km²*	0,878687 кв. в
Гектар = 100 арам	*га*	*ha*	0,915298 дес
Ар = 100 квадр. метрам	*а*	*a*	21,9872 кв. с.
Квадратный метр	*м²; кв. м*	*m²*	1,97704 кв. а.
Квадратный дециметр = 1/100 кв. м . .	*дм²; кв. дм*	*dm²*	6,06124 кв врш
Квадратный сантиметр = 1/10000 кв. м.	*см²; кв. см*	*cm²*	0,15500 кв. дм.
Квадр. миллиметр = 1/1000000 кв. м. .	*мм²; кв. мм*	*mm²*	0,15500 кв. лн.
4. Меры объема тел или кубические.			
Кубический метр	*м³; куб. м*	*m³*	0,102958 куб. с.
Кубический дециметр = 1/1000 куб. м .	*дм³, куб. дм*	*dm³*	61,0237 куб. дм.
Кубич. сантиметр = 1/1000000 куб. м. .	*см³; куб. см*	*cm³*	0,0113863 куб в.
Куб. миллиметр = 1/1000000000 куб. м.	*мм³, куб мм*	*mm³*	0,0610237 куб л.
5, 6. Меры объема жидкостей и сыпучих веществ.			
(Килолитр = 1000 литрам)	*кл*	*kl*	81,3047 в. 4,76395 чт.
Гектолитр = 100 литрам	*гл*	*hl*	8,13047 в. 3,81116 чк.
Декалитр = 10 литрам	*дал; дкл.*	*dal*	3,04893 грн. 0,81347 в.
Литр	*л*	*l*	1,30088 вин. б. 1,6261 вод. б. 0,304892 грн.
(Децилитр = 1/10 литра)	—	*dl*	—
Сантилитр = 1/100 литра	*сл*	*cl*	—
Миллилитр = 1/1000 литра.	*мл*	*ml*	—
(Микролитр = 1/1000000 литра)	—	—	—

Старые русские меры.

Наименование мер и единичные соотношения	Сокращенное обозначение	В метрических мерах
1. Меры массы (веса).		
Пуд = 40 фунтам	п.	16,380 *кг*
Фунт = 32 лотам = 96 золотникам	фн.	0,40951241 *кг*
Лот = 3 золотникам	л.	12,797 *г*
Золотник = 96 долям	з.	4,266 *г*
Доля = 1,9216 фунта	дл.	44,4 *мг*
2. Меры линейные		
Верста = 500 саженям	врс.	1,0668 *км*
Сажень = 3 аршинам = 7 футам	с.	2,1336 *м*
Аршин = 16 вершкам = 28 дюймам	а.	0,711200 *м*
Вершок = 1¾ дюйма	вршк.	44,45 *мм*
Фут = 12 дюймам	фт.	30,48 *см*
Дюйм = 10 линиям	дм.	25,400 *мм*
Линия = 10 точкам	лн.	2,54 *мм*
Точка = 1/1200 фута	тчк.	0,254 *мм*
3. Меры площадей или квадратные.		
Квадратная верста = 250 000 кв. сажен.	кв. врс.; врс.²	1,138 *км²*
Десятина = 2400 кв. саженям	дес.	1,093 *га*
Кв. сажень = 9 кв. аршинам = 49 кв. фут.	кв. с.; с.²	4,552 *м²*
Кв. аршин = 256 кв. вершк. = 784 кв. дм.	кв. а.; а.²	0,5058 *м²*
Кв. вершок	*кв. вршк.; вршк.²*	19,76 *см²*
Кв. фут = 144 кв. дюймам	кв. фт.; фт.²	0,0929 *м²*
Кв. дюйм = 100 кв. линиям	кв. дм.; дм.²	6,452 *см²*
Кв. линия	кв. лн.; лн.²	6,452 *мм²*
4. Меры объема тел или кубические.		
Кубическая сажень = 27 куб. аршин. = = 343 куб. футам	куб. с.; с.³	9,7127 *м³*
Кубический аршин = 4096 куб. вершк. = = 21952 куб. дюймам	куб. а.; а.³	0,359729 *м³*
Кубический вершок	куб. вршк.; вршк.³	87,824 *см³*
Кубический фут = 1728 куб. дюймам	куб. фт.; фт.³	0,0283468 *м³*
Кубический дюйм = 1000 куб. линиям	куб. дм.; дм.³	16,3871 *см³*
Кубическая линия	куб. лн.; лн.³	16,3871 *мм³*
5. Мера объема жидкостей.		
Ведро = 10 штофам	в.	12,2994 *л*
Штоф или кружка = 10 чаркам	*шт.*	*0,22994 л*
Винная бутылка = 1/16 ведра	—	0,768713 *л*
Водочн. или пивн. бутылка = 1/20 ведра	—	0,614970 *л*
Чарка = 1/100 ведра или 2 шкаликам	—	0,122994 *л*
Шкалик = 1/200 ведра	—	0,0614970 *л*
6. Меры объема сыпучих веществ.		
Четверть = 2 осьминам или 8 четверикам	чт.	2,0991 *гл*
Четверик = 8 гарнцам	чк.	26,2387 *л*
Гарнец	грн	3,27984 *л*

3. АНГЛИЙСКИЕ МЕРЫ.

Эта система мер применяется в Англии, ее колониях и в САСШ (в последних с некоторыми указанными изменениями).

Наименование мер и единичные соотношения	В метрических мерах
1. Меры массы (веса).	
Английская тонна = 20 центнерам	1,0160470 *т*
(В САСШ еще *короткая тонна* = 2000 торг. фн.)	0,90718486 *т*
Центнер = 112 торг. фунтам = 4 квартерам = 8 стонам	50,802352 *кг*
Торговый фунт = 16 торг. унциям = 7000 грана	0,45359243 *кг*
Торговая унция = 16 драхмам = 437,5 гранам	28,349527 *г*
Драхма	1,771845 *г*
Тройская унция = 20 пеннивейтам = 480 гранам	31,103481 *г*
Пеннивейт	1,555174 *г*
Гран = 1/7000 торг. фн.	64,798919 *мг*
2. Меры линейные.	
Английская миля = 8 фурлонгам	1,60934 *км*
Фурлонг = 40 полям	201,168 *м*
Цепь = 4 полям = 22 ярдам	20,1168 *м*
Поль, род или перч = $5^1/_2$ ярдам	5,02920 *м*
Ярд (*основная единица*) = 3 футам = 36 дюймам [1]	0,914400 *м*
Фут = 12 дюймам = русскому футу	0,30480 *м*
Дюйм = русскому дюйму, делится на 10, 12 или 16 частей	25,400 *м*
Морская миля = 6080 футам	1,8532 *км*
3. Меры площадей или квадратные.	
Квадратная миля = 640 акрам	2,58999 *км*²
Акр = 4 рулам = 160 кв. родам	0,404686 *га*
Руд = 40 кв. родам	0,101171 *га*
Квадратный род или перч = $30^1/_4$ кв. ярдам	25,293 *м*²
Квадратный ярд = 9 кв. футам	0,836127 *м*²
Квадратный фут и кв. дюйм равны русским	—
4. Меры объема тел или кубические.	
Кубический ярд = 27 кубическим футам	0,764555 *м*³
Кубический фут и куб. дюйм равны русским	—
5. Меры объема сыпучих веществ и жидкостей.	
Квартер = 8 бушелям	2,9094 *гл*
Бушель = 4 пекам = 8 галлонам	36,368 *л*
(В САСШ бушель = 8 галлонам)	35,2368 *л*
Галлон = 4 квартам [2]	4,5460 *л*
В САСШ галлон для сыпучих веществ	4,4046 *л*
В САСШ галлон для жидкостей	3,7852 *л*
Кварта = 2 пинтам	1,1365 *л*
Пинта = 4 джиллям	0,56823 *л*
Джилль	0,14206 *л*
(В САСШ галлон для жидкостей разделяется соответственно на кварты, пинты и джилли)	—

[1] Прототип ярд — имперский образцовый ярд, изготовленный в 1855 г. и хранящийся в депо образцовых мер в Вестминстере, — представляет собою брусок сечения в 1 дюйм в квадрате, у концов которого высверлены до половины его толщины круглые углубления: в дно их вделаны золотые гвоздики с нанесенными на них штрихами, расстояние между которыми при 62° по Фаренгейту равняется ярду.

[2] По английскому закону галлон содержит 10 английских фунтов перегнанной воды, взвешенной в воздухе бронзовыми гирями, когда вода и воздух имеют температуру в 62° Фаренгейта, при барометрическом давлении в 30 дюймов.

4. ПЕРЕВОДНЫЕ ТАБЛИЦЫ.

Дюймы в миллиметрах.

ДЮЙМ	мм	ДЮЙМ	мм	ДЮЙМ	мм	ДЮЙМ	мм
1/64	0,3969	1	25,400	2 31/32	75,406	4 29/32	124,619
1/32	0,7937	1 1/32	26,194	3	76,200	4 15/16	125,413
3/64	1,1906	1 1/16	26,988	3 1/32	76,994	4 31/32	126,206
1/16	1,5875	1 3/32	27,781	3 1/16	77,788	5	127,000
5/64	1,9844	1 1/8	28,575	3 3/32	78,581	5 1/32	127,794
3/32	2,3812	1 5/32	29,369	3 1/8	79,375	5 1/16	128,588
7/64	2,7781	1 3/16	30,163	3 5/32	80,169	5 3/32	129,382
1/8	3,1750	1 7/32	30,956	3 3/16	80,963	5 1/8	130,175
9/64	3,5719	1 1/4	31,750	3 7/32	81,756	5 5/32	130,969
5/32	3,9687	1 9/32	32,544	3 1/4	82,550	5 3/16	131,763
11/64	4,3656	1 5/16	33,338	3 9/32	83,344	5 7/32	132,557
3/16	4,7625	1 11/32	34,131	3 5/16	84,138	5 1/4	133,350
13/64	5,1594	1 3/8	34,925	3 11/32	84,931	5 9/32	134,144
7/32	5,5562	1 13/32	35,719	3 3/8	85,725	5 5/16	134,938
15/64	5,9531	1 7/16	36,513	3 13/32	86,519	5 11/32	135,732
1/4	6,3500	1 15/32	37,306	3 7/16	87,313	5 3/8	136,525
17/64	6,7469	1 1/2	38,100	3 15/32	88,106	5 13/32	137,319
9/32	7,1437	1 17/32	38,894	3 1/2	88,900	5 7/16	138,113
19/64	7,5406	1 9/16	39,688	3 17/32	89,693	5 15/32	138,907
5/16	7,9375	1 19/32	40,481	3 9/16	90,488	5 1/2	139,700
21/64	8,3344	1 5/8	41,275	3 19/32	91,281	5 17/32	140,494
11/32	8,7312	1 21/32	42,069	3 5/8	92,075	5 9/16	141,288
23/64	9,1281	1 11/16	42,863	3 21/32	92,869	5 19/32	142,082
3/8	9,5250	1 23/32	43,656	3 11/16	92,663	5 5/8	142,875
25/64	9,9219	1 3/4	44,450	3 23/32	94,456	5 21/32	143,669
13/32	10,3187	1 25/32	45,244	3 3/4	95,250	5 11/16	144,463
27/64	10,7156	1 13/16	46,038	3 25/32	96,044	5 23/32	145,257
7/16	11,1125	1 27/32	46,831	3 13/16	96,838	5 3/4	146,050
29/64	11,5094	1 7/8	47,625	3 27/32	97,631	5 25/32	146,844
15/32	11,9062	1 29/32	48,419	3 7/8	98,425	5 13/16	147,638
31/64	12,3031	1 15/16	49,213	3 29/32	99,219	5 27/32	148,432
1/2	12,7000	1 31/32	50,006	3 15/16	100,013	5 7/8	149,225
33/64	13,0969	2	50,800	3 31/32	100,806	5 29/32	150,019
17/32	13,4937	2 1/32	51,594	4	101,600	5 15/16	150,813
35/64	13,8906	2 1/16	52,388	4 1/32	102,394	5 31/32	151,607
9/16	14,2875	2 3/32	53,181	4 1/16	103,188	6	152,400
37/64	14,6844	2 1/8	53,975	4 3/32	103,981	6 1/16	153,988
19/32	15,0812	2 5/32	54,769	4 1/8	104,775	6 1/8	155,575
39/64	15,4781	2 3/16	55,563	4 5/32	105,569	6 3/16	157,163
5/8	15,8750	2 7/32	56,356	4 3/16	106,363	6 1/4	158,750
41/64	16,2719	2 1/4	57,150	4 7/32	107,156	6 5/16	160,338
21/32	16,6687	2 9/32	57,944	4 1/4	107,950	6 3/8	161,925
43/64	17,0656	2 5/16	58,738	4 9/32	108,744	6 7/16	163,513
11/16	17,4625	2 11/32	59,531	4 5/16	109,538	6 1/2	165,100
45/64	17,8594	2 3/8	60,325	4 11/32	110,331	6 9/16	166,688
23/32	18,2562	2 13/32	61,119	4 3/8	111,125	6 5/8	168,275
47/64	18,6531	2 7/16	61,913	4 13/32	111,919	6 11/16	169,863
3/4	19,0500	2 15/32	62,706	4 7/16	112,713	6 3/4	171,450
49/64	19,4469	2 1/2	63,500	4 15/32	113,506	6 13/16	173,038
25/32	19,8437	2 17/32	64,294	4 1/2	114,300	6 7/8	174,625
51/64	20,2406	2 9/16	65,088	4 17/32	115,094	6 15/16	176,213
13/16	20,6375	2 19/32	65,881	4 9/16	115,888	7	177,800
53/64	21,0344	2 5/8	66,675	4 19/32	116,681	8	203,200
27/32	21,4312	2 21/32	67,469	4 5/8	117,475	9	228,600
55/64	21,8281	2 11/16	68,263	4 21/32	118,269	10	254,00
7/8	22,2250	2 23/32	69,056	4 11/16	119,063	11	279,40
57/64	22,6219	2 3/4	69,850	4 23/32	119,856	12	304,80
29/32	23,0187	2 25/32	70,644	4 3/4	120,650	15	381,00
59/64	23,4156	2 13/16	71,438	4 25/32	121,444	20	508,00
15/16	23,8125	2 27/32	72,231	4 13/16	122,238	25	635,00
61/64	24,2094	2 7/8	73,025	4 27/32	123,031	30	762,00
31/32	24,6062	2 29/32	73,819	4 7/8	123,825	40	1016,00
63/64	25,0031	2 15/16	74,613				

Сотые доли миллиметра в дюймах.

мм	Дюйм	*мм*	Дюйм	*мм*	Дюйм	*мм*	Дюйм	*мм*	Дюйм
0,01	0,0004	0,21	0,0083	0,41	0,0161	0,61	0,0240	0,81	0,0319
0,02	0,0008	0,22	0,0087	0,42	0,0165	0,62	0,0244	0,82	0,0323
0,03	0,0012	0,23	0,0091	0,43	0,0169	0,63	0,0248	0,83	0,0327
0,04	0,0016	0,24	0,0094	0,44	0,0173	0,64	0,0252	0,84	0,0331
0,05	0,0020	0,25	0,0098	0,45	0,0177	0,65	0,0256	0,85	0,0335
0,06	0,0024	0,26	0,0102	0,46	0,0181	0,66	0,0260	0,86	0,0339
0,07	0,0028	0,27	0,0106	0,47	0,0185	0,67	0,0264	0,87	0,0343
0,08	0,0031	0,28	0,0110	0,48	0,0189	0,68	0,0268	0,88	0,0346
0,09	0,0035	0,29	0,0114	0,49	0,0193	0,69	0,0272	0,89	0,0350
0,10	0,0039	0,30	0,0118	0,50	0,0197	0,70	0,0276	0,90	0,0354
0,11	0,0043	0,31	0,0122	0,51	0,0201	0,71	0,0280	0,91	0,0358
0,12	0,0047	0,32	0,0126	0,52	0,0205	0,72	0,0283	0,92	0,0362
0,13	0,0051	0,33	0,0130	0,53	0,0209	0,73	0,0287	0,93	0,0366
0,14	0,0055	0,34	0,0134	0,54	0,0213	0,74	0,0291	0,94	0,0370
0,15	0,0059	0,35	0,0138	0,55	0,0217	0,75	0,0295	0,95	0,0374
0,16	0,0063	0,36	0,0142	0,56	0,0220	0,76	0,0299	0,96	0,0379
0,17	0,0067	0,37	0,0146	0,57	0,0224	0,77	0,0303	0,97	0,0382
0,18	0,0071	0,38	0,0150	0,58	0,0228	0,78	0,0307	0,98	0,0386
0,19	0,0075	0,39	0,0154	0,59	0,0232	0,79	0,0311	0,99	0,0390
0,20	0,0079	0,40	0,0157	0,60	0,0236	0,80	0,0315	1,00	0,0394

Сводная таблица пере

	1 *мм* равен	1 *см* равен	1 *м* равен	1 *км* равен	1 верш. равен	1 арш. равен
мм . .	1	10	1000	10^6	44.4500	711,200
см . . .	0.1	1	100	10^5	4,44500	71,1200
м . . .	0,001	0,01	1	1000	0,0444500	0,711200
км . . .	10^{-6}	10^{-5}	0,001	1	4445.10^{-8}	7112.10^{-7}
Вершков	0,02249718	0,2249718	22,49718	22497,2	1	16
Аршин .	0,00140607	0,0140607	1,40607	1406,07	0,06250	1
Саженей	46869.10^{-8}	0,00468691	0,468691	468,691	0,0208333	0,333333
Верст .	$9373,83.10^{-10}$	937383.10^{-10}	937383.10^{-8}	0,937383	4166.10^{-8}	6663.10^{-7}
Точек .	3,937008	39,37008	3937,008	3937008	175	2800
Линий .	0,3937008	3,937008	393,7008	393700,8	17,5	280
Дюймов	0,03937008	0,3937008	39,37008	39370,08	1,75	28
Футов .	0,00328084	0,0328084	3,28084	3280,84	0,14583	2,33333
Ярдов .	0,00109361	0,0109361	1,09361	1093,61	0,0486	0,777778
	1 *мм* равен	1 *см* равен	1 *м* равен	1 *км* равен	1 верш. равен	1 арш. равен

Тысячные доли дюйма в миллиметрах.

Дюйм	мм	Дюйм	мм	Дюйм	мм	Дюйм	мм	Дюйм	мм
0,001	0,025	0,140	3,56	0,360	9,14	0,580	14,73	0,800	20,32
0,002	0,051	0,150	3,81	0,370	9,40	0,590	14,99	0,810	20,57
0,003	0,076	0,160	4,06	0,380	9,65	0,600	14,24	0,820	20,83
0,004	0,102	0,170	4,32	0,390	9,91	0,610	15,49	0,830	21,08
0,005	0,127	0,180	4,57	0,400	10,16	0,620	15,75	0,840	21,34
0,006	0,152	0,190	4,83	0,410	10,41	0,630	16,00	0,850	21,59
0,007	0,178	0,200	5,08	0,420	10,67	0,640	16,26	0,860	21,84
0,008	0,203	0,210	5,33	0,430	10,92	0,650	16,51	0,870	22,10
0,009	0,229	0,220	5,59	0,440	11,18	0,660	16,76	0,880	22,35
0,010	0,254	0,230	5,84	0,450	11,43	0,670	17,02	0,890	22,61
0,020	0,508	0,240	6,10	0,460	11,68	0,680	17,27	0,900	22,86
0,030	0,762	0,250	6,35	0,470	11,94	0,690	17,53	0,910	23,11
0,040	1,016	0,260	6,60	0,480	12,19	0,700	17,78	0,920	23,37
0,050	1,270	0,270	6,86	0,490	12,45	0,710	18,03	0,930	23,62
0,060	1,524	0,280	7,11	0,500	12,70	0,720	18,29	0,940	23,88
0,070	1,778	0,290	7,37	0,510	12,95	0,730	18,54	0,950	24,13
0,080	2,032	0,300	7,62	0,520	13,21	0,740	18,80	0,960	24,38
0,090	2,286	0,310	7,87	0,530	13,46	0,750	19,05	0,970	24,64
0,100	2,540	0,320	8,13	0,540	13,72	0,760	19,30	0,980	24,89
0,110	2,794	0,330	8,38	0,550	13,97	0,770	19,56	0,990	25,15
0,120	3,048	0,340	8,64	0,560	14,22	0,780	19,81	1,000	25,40
0,130	3,302	0,350	8,89	0,570	14,48	0,790	20,07	...	...

вода линейных мер.

1 саж. равна	1 верста равна	1 точка равна	1 линия равна	1 дюйм равен	1 фут равен	1 ярд равен
2133,60	1066800	0,25400	2,5400	25,400	304,800	914,399
213,360	106680,0	0,025400	0,25400	2,5400	30,4800	91,4399
2,13360	1066,800	254.10^{-6}	0,00254	0,0254	0,30480	0,914399
21336.10^{-7}	1,066800	254.10^{-9}	254.10^{-8}	254.10^{-7}	3048.10^{-7}	9144.10^{-7}
48	24000	0,00571428	0,0571429	0,571428	6,857142	20,5714[illegible]6
3	1500	357143.10^{-8}	0,00357143	0,0357143	0,428571	1,285714
1	500	119048.10^{-9}	0,00119048	0,0119048	0,1428557	0,428571
0,0020	1	238.10^{-9}	238.10^{-8}	238.10^{-7}	285714.10^{-7}	857142.10^{-7}
8400	4200000	1	10	100	1200	3600
840	420000	0,1	1	10	120	360
84	42000	0,01	0,1	1	12	36
7	3500	8333.10^{-7}	0,0083333	0,083333	1	3
2,33333	1166,6666	277.10^{-6}	0,002777	0,02777	0,33333	1
1 саж. равна	1 верста равна	1 точка равна	1 линия равна	1 дюйм равен	1 фут равен	1 ярд равен

Пуды и фунты в килограммах.

1 фунт = 0,4095'241 *кг*

Фунты	Пуды										Фунты
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
0	0,0000	16,380	32,761	49,141	65,522	81,900	98,28	114,66	131,04	147,42	0
1	0,4095	16,790	33,171	49,551	65,932	82,312	98,69	115,07	131,45	147,83	1
2	0,8190	17,200	33,580	49,961	66,341	82,722	99,10	115,48	131,86	148,24	2
3	1,2285	17,609	33,990	50,370	66,751	83,131	99,51	115,89	132,27	148,65	3
4	1,6380	18,019	34,399	50,780	67,160	83,541	99,92	116,30	132,68	149,06	4
5	2,0476	18,428	34,809	51,189	67,570	83,950	100,33	116,71	133,09	149,47	5
6	2,4571	18,838	35,218	51,599	67,979	84,36	100,74	117,12	133,50	149,88	6
7	2,8666	19,247	35,628	52,008	68,389	84,77	101,15	117,53	133,91	150,29	7
8	3,2761	19,657	36,037	52,418	68,798	85,18	101,56	117,94	134,32	150,70	8
9	3,6856	20,066	36,447	52,827	69,208	85,58	101,97	118,35	134,73	151,11	9
10	4,095	20,476	36,856	53,237	69,617	86,00	102,38	118,76	135,14	151,52	10
11	4,505	20,885	37,266	53,646	70,027	86,41	102,79	119,17	135,55	151,93	11
12	4,914	21,295	37,675	54,056	70,436	86,82	103,20	119,58	135,96	152,34	12
13	5,324	21,704	38,085	54,465	70,846	87,23	103,61	119,99	136,37	152,75	13
14	5,733	22,114	38,494	54,875	71,255	87,64	104,02	120,40	136,78	153,16	14
15	6,143	22,523	38,904	55,284	71,665	88,05	104,43	120,81	137,19	153,57	15
16	6,552	22,933	39,313	55,694	72,074	88,45	104,84	121,22	137,60	153,98	16
17	6,962	23,342	39,723	56,103	72,484	88,86	105,24	121,63	138,01	154,39	17
18	7,371	23,752	40,132	56,513	72,893	89,27	105,65	122,03	138,42	154,80	18
19	7,781	24,161	40,542	56,922	73,303	89,68	106,06	122,44	138,82	155,21	19
20	8,190	24,571	40,951	57,332	73,712	90,09	106,47	122,85	139,23	155,61	20
21	8,600	24,980	41,361	57,741	74,122	90,50	106,88	123,26	139,64	156,02	21
22	9,009	25,390	41,770	58,151	74,531	90,91	107,29	123,67	140,05	156,43	22
23	9,419	25,799	42,180	58,560	74,941	91,32	107,70	124,08	140,46	156,84	23
24	9,828	26,209	42,589	58,970	75,350	91,73	108,11	124,49	140,87	157,25	24
25	10,238	26,618	42,999	59,379	75,760	92,14	108,52	124,90	141,28	157,66	25
26	10,647	27,028	43,408	59,789	76,169	92,55	108,93	125,31	141,69	158,07	26
27	11,057	27,437	43,818	60,198	76,579	92,96	109,34	125,72	142,10	158,48	27
28	11,466	27,847	44,227	60,608	76,988	93,37	109,75	126,13	142,51	158,89	28
29	11,876	28,256	44,637	61,017	77,398	93,78	110,16	126,54	142,92	159,30	29
30	12,285	28,666	45,046	61,427	77,807	94,19	110,57	126,95	143,33	159,71	30
31	12,695	29,075	45,456	61,836	78,217	94,60	110,98	127,36	143,74	160,12	31
32	13,104	29,485	45,865	62,246	78,626	95,01	111,39	127,77	144,15	160,53	32
33	13,514	29,894	46,275	62,655	79,036	95,42	111,80	128,18	144,56	160,94	33
34	13,923	30,304	46,684	63,065	79,445	95,83	112,21	128,59	144,97	161,35	34
35	14,333	30,713	47,094	63,474	79,855	96,24	112,62	129,00	145,38	161,76	35
36	14,742	31,123	47,503	63,884	80,264	96,65	113,03	129,41	145,79	162,17	36
37	15,152	31,532	47,913	64,293	80,674	97,05	113,43	129,82	146,20	162,58	37
38	15,561	31,942	48,322	64,703	81,083	97,46	113,84	130,22	146,61	162,99	38
39	15,971	32,351	48,732	65,112	81,493	97,87	114,25	130,63	147,01	163,40	39

Английские фунты в килограммах.

1 англ. фн. = 0,453592 *кг*

Англ. фунт (lbs)	*кг*	Английские фунты 1000 *кг*	2000 *кг*	3000 *кг*	4000 *кг*	5000 *кг*	6000 *кг*	7000 *кг*	8000 *кг*	9000 *кг*
	—	453,6	907,1	1360,7	1814,3	2267,9	2721,5	3175,1	3628,7	4082,3
25	11,34	464,9	918,4	1372	1825,6	2279,2	2732,8	3186,4	3640	4093,6
50	22,68	476,3	929,8	1383,4	1837	2290,6	2744,2	3197,8	3651,4	4105
75	34,02	487,6	941,1	1394,7	1848,3	2301,9	2755,5	3209,1	3662,7	4116,3
100	45,36	498,9	952,5	1406,1	1859,7	2313,6	2766,9	3220,5	3674,1	4127,6
125	56,70	510,2	963,8	1417,4	1871	2324,9	2778,2	3231,8	3685,4	4138,8
150	68,03	521,6	975,2	1428,8	1882,4	2336	2789,6	3243,2	3696,8	4150,3
175	79,38	532,9	986,5	1440,1	1893,7	2347,3	2800,9	3254,5	3708,1	4161,6
200	90,71	544,3	997,9	1451,4	1905	2358,6	2812,2	3265,8	3719,4	4173
225	102,06	555,6	1009,2	1462,7	1916,3	2369,9	2823,5	3277,1	3730,7	4184,3
250	113,40	567	1020,6	1474,1	1927,7	2381,3	2834,9	3288,5	3742,1	4195,7
275	124,73	578,3	1031,9	1485,4	1939	2392,6	2846,2	3299,8	3753,4	4207
300	136,07	589,6	1043,2	1496,8	1950,4	2404	2857,6	3311,2	3764,8	4218,4
325	147,41	600,9	1054,5	1508,1	1961,7	2415	2868,9	3322,5	3776,1	4229,7
350	158,75	612,3	1065,9	1519,5	1973,1	2426,7	2880,3	3333,9	3787,5	4241,1
375	170	623,6	1077,2	1530,8	1984,4	2438	2891,6	3345,2	3798,8	4252,4
400	181,43	635	1088,6	1542,2	1995,8	2449,4	2902,9	3356,5	3810,1	4263,7
425	192,77	646,3	1099,9	1553,5	2007,1	2460,7	2914,2	3367,8	3821,4	4275
450	204,11	657,7	1111,3	1564,9	2018,5	2472,1	2925,6	3379,2	3832,8	4286,4
475	215,45	669	1122,6	1576,2	2029,8	2483,4	2936,9	3390,5	3844,1	4297,7
500	226,80	680,3	1133,9	1587,5	2041,1	2494,7	2948,3	3401,9	3855,6	4309,1
525	238,13	691,6	1145,2	1598,9	2052,4	2506	2959,6	3413,2	3866,8	4320,4
550	249,47	703	1156,6	1610,2	2063,7	2517,4	2971	3424,6	3878,2	4331,8
575	260,81	714,3	1167,9	1621,5	2075	2528,7	2982,3	3435,9	3889,5	4343,1
600	272,15	725,7	1179,3	1632,9	2086,5	2540,1	2993,7	3447,3	3900,9	4354,4
625	283,50	737	1190,6	1644,2	2097,8	2551,4	3005	3458,6	3912,2	4365,7
650	294,83	748,4	1202	1655,6	2109,2	2562,8	3016,4	3470	3923,6	4377,1
675	306,17	759,7	1213,3	1666,9	2120,5	2574,1	3027,7	3481,3	3934,9	4388,4
700	317,50	771,1	1224,6	1678,2	2131,8	2585,4	3039	3492,6	3946,2	4399,8
725	328,85	782,4	1235,9	1689,5	2143,1	2596,7	3050,3	3503,9	3957,5	4411,1
750	340,20	793,8	1247,3	1700	2154,5	2608,1	3061,7	3515,3	3968,9	4422,5
775	351,53	805,1	1258,6	1711,3	2165,8	2619,4	3073	3526,6	3980,2	4433,8
800	362,90	816,1	1270	1723,6	2177,2	2630,8	3084,4	3538	3991,6	4445,2
825	374,21	827,7	1281,3	1734,9	2188,5	2642,1	3095,7	3549,3	4002,9	4456,5
850	385,55	839,1	1292,7	1746,3	2199,9	2653,5	3107,1	3560,7	4014,3	4467,9
875	396,90	850,4	1304	1757,6	2211,2	2664,8	3118,4	3572	4025,6	4479,2
900	408,23	861,8	1315,4	1769	2222,6	2676,2	3129,7	3583,3	4036,9	4490,5
925	419,60	873,1	1326,7	1780,3	2233,9	2687,5	3141	3594,6	4048,2	4501,8
950	430,90	884,5	1338,1	1791,7	2245,3	2698,9	3152,4	3606	4059,6	4513,2
975	442,25	895,8	1349,4	1803	2256,6	2710,2	3163,7	3617,3	4070,9	4524,5

Английские фунты на квадратный дюйм в килограммах на квадратный миллиметр.

1000 англ. фн/дм² = 0,703069 *кг/мм²*

фн/дм²	*кг/мм²*	фн/дм²	*кг/мм²*	фн/дм²	*кг/мм²*	фн/дм²	*кг/мм²*
1000	0,7031	30000	21,092	59000	41,48	88000	61,87
2000	1,4061	31000	21,795	60000	42,18	89000	62,57
3000	2,1092	32000	22,498	61000	42 89	90000	63,28
4000	2,8123	33000	23,201	62000	43,59	91000	63,98
5000	3,5153	34000	23,904	63000	44,29	92000	64,68
6000	4,2184	35000	24,607	64000	45,00	93000	65,39
7000	4,9215	36000	25,310	65000	45,70	94000	66,09
8000	5,6246	37000	26,014	66000	46,40	95000	66,79
9000	6,3276	38000	26,717	67000	47,10	96000	67,50
10000	7,0307	39000	27,420	68000	47,81	97000	68,20
11000	7,7338	40000	28,123	69000	48,51	98000	68,90
12000	8,4368	41000	28,826	70000	49,22	99000	69,60
13000	9,1399	42000	29,529	71000	49,92	100000	70,31
14000	9,8430	43000	30,232	72000	50,62	101000	71,01
15000	10,5460	44000	30,935	73000	51,32	102000	71,71
16000	11,2491	45000	31,638	74000	52,03	103000	72,42
17000	11,9522	46000	32,341	75000	52,73	104000	73,12
18000	12,6553	47000	33,044	76000	53,43	105000	73,82
19000	13,3583	48000	33,747	77000	54,14	106000	74,53
20000	14,061	49000	34 450	78000	54,84	107000	75,23
21000	14,764	50000	35,15	79000	55,54	108000	75,93
22000	15,468	51000	35,86	80000	56,25	109000	76,64
23000	16,170	52000	36,56	81000	56,95	110000	77,34
24000	16,874	53000	37,26	82000	57,65	111000	78,04
25000	17,577	54000	37,96	83000	58,36	112000	78,74
26000	18,280	55000	38,67	84000	59,06	113000	79,45
27000	18,983	56000	39,37	85000	59,76	114000	80,15
28000	19,686	57000	40,07	86000	60,46	115000	80,85
29000	20,389	58000	40,78	87000	61,17	116000	81,56

фн/дм²	кг/мм²	фн/дм²	кг/мм²	фн/дм²	кг/мм²	фн/дм²	кг/мм²
117000	82,26	149000	104,76	181000	127,26	213000	149,75
118000	82,96	150000	105,46	182000	127,96	214000	150,46
119000	83,67	151000	106,16	183000	128,66	215000	151,16
120000	84,37	152000	106,87	184000	129,36	216000	151,86
121000	85,07	153000	107,57	185000	130,07	217000	152,57
122000	85,78	154000	108,27	186000	130,77	218000	153,27
123000	86,48	155000	108,98	187000	131,47	219000	153,97
124000	87,18	156000	109,68	188000	132,18	220000	154,68
125000	87,88	157000	110,38	189000	132,88	221000	155,38
126000	88,59	158000	111,08	190000	133,58	222000	156,08
127000	89,29	159000	111,79	191000	134,29	223000	156,78
128000	89,99	160000	112,49	192000	134,99	224000	157,49
129000	90,70	161000	113,19	193000	135,69	225000	158,19
130000	91,40	162000	113,90	194000	136,40	226000	158,89
131000	92,10	163000	114,60	195000	137,10	227000	159,60
132000	92,81	164000	115,30	196000	137,80	228000	160,30
133000	93,51	165000	116,01	197000	138,50	229000	161,00
134000	94,21	166000	116,71	198000	139,21	230000	161,70
135000	94,92	167000	117,41	199000	139,91	231000	162,41
136000	95,62	168000	118,12	200000	140,61	232000	163,11
137000	96,32	169000	118,82	201000	141,32	233000	163,82
138000	97,02	170000	119,52	202000	142,02	234000	164,52
139000	97,73	171000	120,22	203000	142,72	235000	165,22
140000	98,43	172000	120,93	204000	143,43	236000	165,92
141000	99,13	173000	121,63	205000	144,13	237000	166,63
142000	99,84	174000	122,33	206000	144,83	238000	167,33
143000	100,54	175000	123,04	207000	145,54	239000	168,03
144000	101,24	176000	123,74	208000	146,24	240000	168,74
145000	101,94	177000	124,44	209000	146,94	245000	172,25
146000	102,65	178000	125,15	210000	147,64	250000	175,77
147000	103,35	179000	125,85	211000	148,35	255000	179,28
148000	104,05	180000	126,55	212000	149,05	300000	210,92

Тонны на кв. дюйм в килограммах на кв. миллиметр.

1 тонна/*дм*² = 1,57478 *кг/мм*²

Тонна/дм²	*кг/мм*²	Тонна/дм²	*кг/мм*²	Тонна/дм²	*кг/мм*²	Тонна/дм²	*кг/мм*²
1	1,575	20	31, 0	39	61,42	66	103,95
1,5	2,36	20,5	32,29	39,5	62,21	67	105,52
2	3,15	21	33,07	40	63,00	68	107,10
2,5	3,94	21,5	33,86	40,5	63,79	69	108,67
3	4,725	22	34,65	41	64.57	70	110,25
3,5	5,51	22,5	35,44	41,5	65,36	71	111,82
4	6,30	23	36 22	42	66,15	72	113,40
4,5	7,09	23,5	37,01	42,5	66,94	73	114,97
5	7,875	24	37,80	43	67,72	74	116.55
5,5	8,66	24,5	38,59	43,5	68,51	75	118,12
6	9,45	25	39,37	44	69,30	76	119,70
6,5	10,23	25,5	40,16	44,5	70,09	77	121,27
7	11.025	26	40,95	45	70,87	78	122,85
7,5	11,81	26,5	41,74	45,5	71,66	79	124,42
8	12,60	27	42,52	46	72,45	80	126,00
8,5	13,38	27,5	43,31	46,5	73.24	81	127,57
9	14,175	28	44,10	47	74,02	82	129,15
9,5	14,96	28,5	44,89	47,5	74,81	83	130,72
10	15,75	29	45,67	48	75,60	84	132,30
10,5	16,54	29,5	46,46	48,5	76,39	85	133,87
11	17,32	30	47,25	49	77,17	86	135,45
11,5	18,11	30,5	48,04	49,5	77,96	87	137,02
12	18.90	31	48,82	50	78,75	88	138,60
12,5	19,69	31,5	49,61	51	80,32	89	140,17
13	20,47	32	50,40	52	81,90	90	141.75
13,5	21,26	32,5	51,19	53	83,47	91	143,32
14	22,05	33	51,97	54	85,05	92	144,90
14,5	22,84	33,5	52,76	55	86,62	93	146,47
15	23,62	34	53,55	56	88,20	94	148,05
15,5	24,41	34,5	54,34	57	89,77	95	149,62
16	25,20	35	55,12	58	91,35	96	151,20
16,5	25,99	35,5	55,91	59	92,92	97	152,77
17	26,77	36	56,70	60	94,50	98	154,35
17,5	27,56	36,5	57,49	61	96,07	99	155,92
18	28,35	37	58,27	62	97,65	100	157,50
18,5	29,14	37,5	59,06	63	99,22		
19	29,92	38	59,85	64	100,80		
19,5	30,71	38,5	60,64	65	102,37		
Тонна/дм²	*кг/мм*²	Тонна/дм²	*кг/мм*²	Тонна/дм²	*кг/мм*²	Тонна/дм²	*кг/мм*²

III. ОСНОВНЫЕ ЕДИНИЦЫ И ВЕЛИЧИНЫ

1. ОСНОВНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ, ЕДИНИЦЫ И СИСТЕМЫ ЕДИНИЦ.

Каждая физическая величина измеряется своей собственной единицей, представляющей величину того же рода. Единицы для измерения разнородных величин могут быть выбраны совершенно независимо одна от другой. Однако, во избежание введения сложных численных коэфициентов в формулы, содержащие несколько разнородных величин, принято единицы всех физических величин выражать через несколько основных единиц, а именно: единицы длины, массы и времени, единицу температуры и одну или две основных электрических единицы. Смотря по характеру этих основных единиц получаются различные более или менее законченные системы единиц.

Наибольшим распространением в науке пользуется абсолютная система единиц C. G. S. (сантиметр-грамм-секунда), основанная на единице длины — сантиметре, единице массы — грамме и единице времени — секунде. Эта система полностью применяется для геометрических и механических величин и — с некоторыми ограничениями — для электрических и магнитных величин.

Для техники единицы системы C. G. S. оказываются не всегда пригодными по размеру. Поэтому здесь нашла себе значительное применение система единиц, основанная на килограмме и метре (причем килограмм рассматривается не как единица массы, а как единица силы). В последнее время (1919 г.) во Франции введена законом система M.T.S. (метр-тонна-секунда), построенная совершенно тождественно с системой C. G. S., но представляющая вместе с тем удобный для практики размер единиц. В СССР единицы системы M. T. S. введены как рекомендуемые (ОСТ 169).

В электротехнической практике единицы системы C. G. S. также оказались неудобными по величине, и взамен их международным порядком, на конгрессах в Париже 1881—84—89 гг., Чикаго в 1893 г. и Лондоне в 1908 г., была выработана система практических международных электрических единиц, повсюду применяемая ныне.

2. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ.

1. Основная единица длины метрической системы мер, технической системы единиц и системы M. T. S. есть метр. Метр есть расстояние при температуре таяния льда (и соблюдении некоторых других условий, установленных VII международной конференцией мер и весов) между двумя чертами, нанесенными на платино-иридиевом стержне (из сплава 90% платины и 10% иридия), хранящемся в Международном бюро мер и весов и признанным Первой международной конференцией мер и весов в Париже 26 сентября 1889 года за международный прототип метра. Сечение международного прототипа метра напоминает букву X, вписанную в квадрат, сторона которого равна 20 *мм*. На обоих концах средней плоскости находятся

отполированные места, на которых нанесены штрихи толщиною в 0,008 *мм*, расстояние между которыми представляет длину метра. По обе стороны каждого из этих штрихов на расстоянии 0,5 *мм* находится еще по одному штриху, которые служат для точного измерения длины при помощи микроскопа.

Для СССР основным образцом метра является метр № 28, имеющий такую же форму и устройство, как и международный прототип; этот метр передан России в 1889 году и хранится в Главной палате мер и весов. Длина этого метра составляет:

$$1\ м + 0{,}5\ \mu + 8{,}650\ \mu \cdot T + 0{,}00100\ \mu \cdot T^2,$$

где T температура в градусах международной шкалы.

Сравнение других употребительных мер длины см. стр. 118—119.

2. Единица поверхности есть площадь квадрата, сторона которого равна единице длины. Исключение составляют некоторые единицы поземельных мер, напр., имеющие самостоятельное происхождение: десятина, акр (см. стр. 115).

3. Единица объема есть объем куба, ребро которого равно единице длины. Кроме этого рода единиц, для измерения объемов жидкостей и сыпучих веществ применяются единицы, основанные на объеме, занимаемом водою определенного веса.

В метрической системе мер оба рода единиц практически совпадают, так как 1 килограмм воды при наибольшей ее плотности занимает 1,000027 куб. дециметра.

4. Единица угла. Общепринятая единица — градус (°) = $^1/_{360}$ окружности = 60 минутам (′) = 60.60 = 360 секундам (″). Во Франции применяется еще град = $^1/_{400}$ окружности = 0,9 градуса = 54 минутам; град подразделяется на десятые, сотые, тысячные и т. д. доли. Математическая единица круговой меры углов — угол, соответствующий дуге, равной радиусу = 57°17′44″,806.

5. Единица телесного угла (стерадиан) есть угол, вырезающий из описанной вокруг его вершины шаровой поверхности радиуса = 1 площадь, равную 1. Полусфера соответствует телесному углу 6,285; полная сфера — телесному углу 12,57.

8. МЕХАНИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ.

1. Основная единица массы метрической системы мер и технической системы единиц есть килограмм. Килограмм есть масса платино-иридиевого цилиндра, хранящегося в Международном бюро мер и весов и признанного Первой международной конференцией мер и весов за международный прототип килограмма. Этот цилиндр имеет диаметр и высоту около 39 *мм*.

Для СССР основным образцом килограмма является килограмм № 12, такой же формы, как и международный прототип; он передан России в 1889 году и хранится в Главной палате мер и весов. Его масса составляет

$$1\ кг + 0{,}068\ мг.$$

Другие употребительные единицы массы и их соотношения см. стр. 114.

2. Единица плотности есть плотность вещества, единица объема которого имеет массу 1. В системе C. G. S. и в системе M. T. S. плотность воды при 4°C, с которой обычно сравниваются плотности всех тел, равна 0,999973 (ср. стр. 113); практически это число принимается за 1.

3. Единица времени есть секунда среднего солнечного времени $= 1/86400$ средних солнечных суток. Минута = 60 секундам, час = 60 минутам = 3600 секундам. Сутки = 24 часам = 14400 минутам = 86400 секундам. Год гражданский = $365^1/_4$ суток; год астрономический (тропический — продолжительность одного полного оборота земли вокруг солнца) = 365 сут. 5 ч. 48 мин. 46 сек.

4. Единица частоты какого-либо периодического процесса есть один период в секунду, носящий также название гертц.

5. Единица скорости есть скорость точки, проходящей в единицу времени единицу длины. C. G. S. единица скорости — сантиметр в секунду; техническая единица скорости — метр в секунду; применяются также для определения скорости верста, километр и т. д. в час. Узел, применяемый в международной морской практике, есть скорость в одну английскую морскую милю в час.

Сравнение единиц скорости.

	М/сек.	Вре/ч.	*Км*/ч.	Миль/ч.	Узлов
1 метр в секунду	1	3,375	3,600	2,237	1,9043
1 верста в час	0,2963	1	1,0668	0,6629	0,5757
1 километр в час	0,2778	0,9374	1	0,6214	0,5396
1 англ. миля в час . . .	0,4470	1,5086	1,6093	1	0,8630
1 узел	0,5148	1,7372	1,8532	1,1516	1

6. Единица ускорения есть ускорение тела, скорость которого в единицу времени возрастает на единицу скорости. C. G. S. единица ускорения есть ускорение тела, скорость которого возрастает на 1 сантиметр в секунду за 1 секунду. Техническая единица ускорения есть ускорение тела, скорость которого за 1 секунду возрастает на 1 метр в секунду.

Ускорение силы тяжести, т. е. ускорение тел, свободно падающих под действием силы тяжести, обозначается буквой g и равно 9,82 *см*/сек² для Москвы и более северных частей СССР; 9,80 для Закавказья и 9,81 для средней полосы СССР. Точное для любой широты φ и высоты над уровнем моря H (в метрах):

$$g = 980{,}62\ (1 - 0{,}00264 \cdot \cos 2\varphi - 0{,}0000003\ H)\ см/сек.^2$$

При поднятии на 1000 метров ускорение силы тяжести уменьшается, на 0,3 *см*/сек². Крайние значения — на экваторе и на полюсах — отличаются от среднего на 2,6 *см*/сек.².

Нормальное значение ускорения силы тяжести, принятое Международной конференцией мер и весов 29 октября 1901 г. составляет 980,665 *см*/сек.². Оно мало отличается от величины, соответствующей широте 45° и уровню моря.

7. Единица силы есть сила, сообщающая единице массы единицу ускорения. C. G. S. единица силы есть дина — сила, дающая массе в 1 грамм ускорение в 1 *см*/сек.²; 1 000 000 дин наз. мегадина. Единица силы в французской системе M. T. S. есть стэн — сила, дающая массе в 1 тонну ускорение в 1 *м*/сек.² = 100 мегадинам (поэтому мегадину можно назвать также сантистэном). В технике большое при-

менение в качестве единицы силы находит **килограмм-вес**, т. е. сила, производимая давлением 1 *кг* на подставку при нормальном ускорении силы тяжести (и соответственно также вес русского или английского фунта).

Сравнение единиц силы.

	Мегадин	*Кг*-вес	Русск. *фн.-вес*	Англ. *фн.-вес*
Мегадин	1	1,01971	2,49004	2,24811
Вес килограмма	0,98067	1	2,24808	2,49007
Вес фунта	0,40160	0,40951	1	1,10764
Вес фунта англ.	0,44481	0,45359	0,90281	1

8. **Единица давления** есть давление, производимое единицей силы на единицу поверхности. C. G. S. единица давления есть **бария** — давление производимое силой в 1 дину на поверхность в 1 *см*²; **мегабария** = 1 000 000 барий есть давление, производимое силой в 1 мегадину на поверхность в 1 *см*². Единица давления французской системы M. T. S. есть **пиэз** — давление, производимое силой в 1 стэн на поверхность в 1 *м*² = 0,01 мегабарии (поэтому мегабарию можно назвать также **гектопиэзом**). Техническая единица давления, наз. **технической** (иногда **метрической**) **атмосферой**, есть давление, производимое силой в 1 килограмм на поверхность в 1 *см*². Ввиду важности атмосферного давления большое значение имеет также в качестве единицы давления **атмосфера**. Согласно постановлению Международного комитета мер и весов от 15 октября 1887 г., **нормальная атмосфера** (или нормальное атмосферное давление) выражается давлением столба ртути в 760 *мм* высотой при плотности 13,59593, находящегося под действием нормальной силы тяжести.

Сравнение единиц давления.

	Атмосфера (норм.)	*Кг*/*см*² [1]	Мегабария	Фн./дм.² (русск.)	Фн./дм.² (англ.)	Ртутн. столб в *м*	Водян. столб в *м*
Нормальная атмосф.	1	1,0332	1,0133	16,277	14,696	0,76000	10,3333
Кг-сила/*см*² [1] . . .	0,9678	1	0,9807	15,754	14,223	0,73555	10,000
Мегабария (гектопиэз)	0,9869	1,0197	1	16,064	14,503	0,75005	10,197
1 русский фн. на кв. дюйм	0,0614	0,0635	0,0623	1	0,9028	0,46690	0,63476
1 английский фн. на кв. дюйм	0,0680	0,0703	0,0690	1,1076	1	0,51715	0,70308
1 *м* ртутного столба	1,3158	1,3595	1,3324	2,1418	1,9337	1	13,595
1 *м* водяного столба	0,0968	0,1000	0,0981	1,5754	1,4223	0,0736	1

[1]) *Кг*/*см*² равен 1 атмосфере (метрической).

Перевод давлений.

Ртутного столба в водяной				Водяного столба в ртутный			
Ртуть *мм*	Вода *см*	Ртуть *мм*	Вода *см*	Вода *см*	Ртуть *мм*	Вода *см*	Ртуть *мм*
0,1	0,1	10	13,6	10	7,4	80	58,5
0,2	0,3	20	27,1	15	11	85	62,5
0,3	0,4	30	40,7	20	14,7	90	66,2
0,4	0,5	40	54,2	25	18,4	95	69,9
0,5	0,7	50	67,8	30	22,1	100	73,6
0,6	0,8	60	81,4	35	25,7	200	147,1
0,7	0,9	70	94,9	40	29,4	300	220,7
0,8	1,1	80	108,5	45	33,1	400	294,2
0,9	1,2	90	122,1	50	36,8	500	367,8
1	1,4	100	135,6	55	40,5	600	441,3
2	2,7	200	271,2	60	44,1	700	514,9
3	4,1	300	406,8	65	47,8	800	588,4
4	5,4	400	542,4	70	51,5	900	662,0
5	6,8	500	678,1	75	55,2	1000	735,5
6	8,1	600	813,7				
7	9,5	700	949,3				
8	10,8	800	1084,9				
9	12,2	900	1220,5				
10	13,6	1000	1356,1				

Примеры: 275 мм ртутного столба = 271,2 + 94,9 + 6,8 = 372,9 *см* водяного столба; 275 *см* водяного столба = 147,1 + 55,2 = 202,3 *мм* ртутного столба.

9. Единица работы (и энергии) есть работа, производимая единицей силы при перемещении точки ее приложения на единицу длины

Сравнение единиц работы и энергии.

	Эргов	*Кг-метр.*	Килоджоулей	Междунар. джоулей	Квт-часов
Эрг . .	1	$1{,}0198 \cdot 10^{-8}$	10^{-10}	$0{,}999948 \cdot 10^{-7}$	$0{,}2777 \cdot 10^{-14}$
Килограммометр .	$9{,}806 \cdot 10^{7}$	1	$9{,}806 \cdot 10^{-3}$	9,8045	$2{,}723 \cdot 10^{-6}$
Килоджоуль	10^{10}	$1{,}0198 \cdot 10^{2}$	1	$0{,}99985 \cdot 10^{3}$	$2{,}777 \cdot 10^{-4}$
Международн. джоуль	$1{,}000151 \cdot 10^{7}$	0,10199	$1{,}00015 \cdot 10^{-3}$	1	$2{,}777 \cdot 10^{-7}$
Киловатт-час . .	$3{,}6005 \cdot 10^{13}$	$3{,}672 \cdot 10^{5}$	$3{,}6005 \cdot 10^{8}$	$3{,}6005 \cdot 10^{-6}$	1

в направлении силы. C. G. S. единица работы есть эрг — работа, совершаемая силой в 1 дину на протяжении 1 сантиметра. Техническая единица работы есть килограммометр — работа, совершаемая при поднятии 1 килограмма на 1 метр, при нормальном значении силы тяжести.

Сравнение единиц мощности.

	Кгм/сек.	ЛС	HP	KW
Кг-метр-сек.	1	0,01333	0,1315	0,00981
Лош. сила (ЛС)	75	1	0,9863	0,7355
Англ. ЛС (HP)	76,05	1,0139	1	0,7457
Межд. киловатт (KW)	101,98	1,360	1,341	1

Перевод лошадиных сил (ЛС) в киловатты.

ЛС	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0		0,74	1,47	2,21	2,94	3,68	4,41	5,15	5,88	6,62
10	7,35	8,09	8,83	9,56	10,30	11,03	11,77	12,50	13,24	13,97
20	14,71	15,45	16,18	16,92	17,65	18,39	19,12	19,86	20,59	21,33
30	22,06	22,80	23,54	24,27	25,01	25,74	26,48	27,21	27,95	28,68
40	29,12	30,16	30,89	31,63	32,36	33,10	33,83	34,57	35,30	36,04
50	36,77	37,51	38,25	38,98	39,72	40,45	41,19	41,92	42,66	43,39
60	44,13	44,87	45,60	46,34	47,07	47,81	48,54	49,28	50,01	50,75
70	51,48	52,22	52,96	53,69	54,43	55,16	55,90	56,63	57,37	58,10
80	58,84	59,58	60,31	61,05	61,78	62,52	63,25	63,99	64,72	65,46
90	66,19	66,93	67,67	68,40	69,14	69,87	70,61	71,34	72,08	72,81
100	73,55	74,29	75,02	75,76	76,49	77,23	77,96	78,70	79,43	80,17
110	80,90	81,64	82,38	83,11	83,85	84,58	85,32	86,05	86,79	87,52
120	88,26	89,00	89,73	90,47	91,20	91,94	92,67	93,41	94,14	94,88
130	95,61	96,35	97,09	97,82	98,56	99,29	100,0	100,8	101,5	102,2
140	103,0	103,7	104,4	105,2	105,9	106,6	107,4	108,1	108,9	109,6
150	110,3	111,1	111,8	112,5	113,3	114,0	114,7	115,5	116,2	116,9
160	117,7	118,4	119,1	119,9	120,6	121,4	122,1	122,8	123,6	124,3
170	125,0	125,8	126,5	127,2	128,0	128,7	129,4	130,2	130,9	131,7
180	132,4	133,1	133,9	134,6	135,3	136,1	136,8	137,5	138,3	139,0
190	139,7	140,5	141,2	142,0	142,7	143,4	144,2	144,9	145,6	146,4
200	147,1	147,8	148,6	149,3	150,0	150,8	151,5	152,2	153,0	153,7
210	154,5	155,2	155,9	156,7	157,4	158,1	158,9	159,6	160,3	161,0
220	161,8	162,5	163,3	164,0	164,8	165,5	166,2	167,0	167,7	168,4
230	169,2	169,9	170,6	171,4	172,1	172,8	173,6	174,3	175,0	175,8
240	176,5	177,3	178,0	178,7	179,5	180,2	180,9	181,7	182,4	183,1
250	183,9	184,6	185,3	186,1	186,8	187,6	188,3	189,0	189,8	190,5
260	191,2	192,0	192,7	193,4	194,2	194,9	195,6	196,4	197,1	197,8
270	198,6	199,3	200,1	200,8	201,6	202,3	203,0	203,7	204,5	205,2
280	205,9	206,7	207,4	208,1	208,9	209,6	210,4	211,1	211,8	212,6
290	213,3	214,8	214,8	215,5	216,2	217,0	217,7	218,4	219,2	219,9
300	220,7	221,4	222,1	222,9	223,6	224,3	225,1	225,8	226,5	227,3

Единица работы французской системы есть **килоджоуль** — работа силы в 1 стэн на протяжении 1 метра. При измерении энергии электрического тока применяются **международный джоуль** (ваттсекунда) и **киловаттчас**.

10. **Единица мощности** есть мощность, при которой единица работы совершается в единицу времени. C. G. S. единица мощности соответствует работе в 1 эрг в секунду. Техническая единица мощности есть **килограммометр в секунду**; более употребительна **лошадиная сила** = 75 килограммометров в секунду; иногда применяется еще **понселе** = 100 *кгм* в сек. Единица мощности французской системы M. T. S. есть **киловатт**, соответствующий работе 1 килоджоуля в секунду = 10^{10} эрг.-сек. В электротехнике широко применяются **международный ватт** и его кратные — **межд. киловатт** и **межд. мегаватт**. **Английская лошадиная сила** (HP) соответствует работе в 550 англ. фунтов в сек. За последнее время, особенно после постановления Международной электротехнической комиссии в 1911 г., международный киловатт становится почти исключительно применяемой единицей мощности.

4. ТЕПЛОВЫЕ ВЕЛИЧИНЫ

1. Температура.

Температура измеряется градусами стоградусной шкалы (в обиходе называемой шкалой Цельсия). В повседневной жизни еще сохранилось применение шкалы Реомюра. В англосаксонских странах обычно применяется шкала Фаренгейта.

Градусы Цельсия и Реомюра считаются от нуля, соответствующего точке таяния льда при нормальном давлении; градусы Фаренгейта — от нуля, соответствующего замерзанию смеси льда, воды и нашатыря (— 17,8° C).

В научных работах применяется абсолютная шкала температур (шкала Кельвина, градусы которой обозначаются °K), считаемая от **абсолютного нуля** (= — 273°,09 C).

Если T_C, T_F, T_R, T_K, означают соответственно температуры по Цельсию (стоградусному термометру), Фаренгейту, Реомюру и абсолютной шкале, то перерасчет производится по формулам:

$$T_C = \frac{5}{4}\,T_R = \frac{5}{9}\,(T_F - 32)$$

$$T_F = \frac{9}{5}\,T_C + 32 = \frac{9}{4}\,T_R + 32.$$

$$T_R = \frac{4}{5}\,T_C = \frac{4}{9}\,(T_F - 32)$$

$$T_K = T_C + 273{,}09.$$

На стр. 132 помещена таблица перевода градусов Фаренгейта в градусы Цельсия, предназначенная для помощи при чтении английской и американской литературы по тепловой обработке.

Измерение температур обычно производится ртутными, спиртовыми и толуоловыми термометрами в стеклянных резервуарах — для обыкновенных и низких температур, термоэлементами и платиновыми термометрами — для высоких температур и оптическими пирометрами — для особо высоких температур.

Перевод градусов Фаренгейта в градусы Цельсия.

	+0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9
+0	— 17,8	— 17,2	— 16,7	— 16,1	— 15,6	— 15,0	— 14,4	— 13,9	— 13,3	— 12,8
10	— 12,2	— 11,7	— 11,1	— 10,6	— 10,0	— 9,4	— 8,9	— 8,3	— 7,8	— 7,2
20	— 6,7	— 6,1	— 5,6	— 5,0	— 4,4	— 3,9	— 3,3	— 2,8	— 2,2	— 1,7
30	— 1,1	— 0,6	0,0	0,6	1,1	1,7	2,2	2,8	3,3	3,9
40	4,4	5,0	5,6	6,1	6,7	7,2	7,8	8,3	8,9	9,4
50	10,0	10,6	11,1	11,7	12,2	12,8	13,3	13,9	14,4	15,0
60	15,6	16,1	16,7	17,2	17,8	18,3	18,9	19,4	20,0	20,6
70	21,1	21,7	22,2	22,8	23,3	23,9	24,4	25,0	25,6	26,1
80	26,6	27,2	27,8	28,3	28,9	29,4	30,0	30,6	31,1	31,7
90	32,2	32,8	33,3	33,9	34,4	35,0	35,6	36,1	36,7	37,2
100	37,8	38,3	38,9	39,4	40,0	40,6	41,1	41,7	42,2	42,8
110	43,3	43,9	44,4	45,0	45,6	46,1	46,7	47,2	47,8	48,3
120	48,9	49,4	50,0	50,6	51,1	51,7	52,2	52,8	53,3	53,9
130	54,4	55,0	55,6	56,1	56,7	57,2	57,8	58,3	58,9	59,4
140	60,0	60,6	61,1	61,7	62,2	62,8	63,3	63,9	64,4	65,0
150	65,6	66,1	66,7	67,2	67,8	68,3	68,9	69,4	70,0	70,6
160	71,1	71,7	72,2	72,8	73,3	73,9	74,4	75,0	75,6	76,1
170	76,7	77,2	77,8	78,3	78,9	79,4	80,0	80,6	81,1	81,7
180	82,2	82,8	83 3	83,9	84,4	85,0	85,6	86,1	86,7	87,2
190	87,8	88,3	88,9	89,4	90,0	90,6	91,1	91,7	92,2	92,8

	+0	+10	+20	+30	+40	+50	+60	+70	+80	+90
200	93,3	98,9	104,4	110,0	115,6	121,1	126,6	132,2	137,8	143,3
300	148,9	154,4	160,0	165,6	171,1	176,7	182,2	187,8	193,3	198,9
400	204	210	216	221	227	232	238	243	249	254
500	260	266	271	277	282	288	293	299	304	310
600	316	321	327	332	338	343	349	354	360	366
700	371	377	382	388	393	399	404	410	416	421
800	427	432	438	443	449	454	460	466	471	477
900	482	488	493	499	504	510	516	521	527	532
1000	538	543	549	554	560	566	571	577	582	588
1100	593	599	604	610	616	621	627	632	638	643
1200	649	654	660	666	671	677	682	688	693	699
1300	704	710	716	721	727	732	738	743	749	754
1400	760	766	771	777	782	788	793	799	804	810
1500	816	821	827	832	838	843	849	854	860	866
1600	871	877	882	888	893	899	904	910	916	921
1700	927	932	938	943	949	954	960	966	971	977
1800	982	988	993	999	1004	1010	1016	1021	1027	1032
1900	1038	1043	1049	1054	1060	1066	1071	1077	1082	1088
2000	1093	1099	1104	1110	1116	1121	1127	1132	1138	1143
2100	1149	1154	1160	1166	1171	1177	1182	1188	1193	1199
2200	1204	1210	1216	1221	1227	1232	1238	1243	1249	1254
2300	1260	1266	1271	1277	1282	1288	1293	1299	1304	1310
2400	1316	1321	1327	1332	1338	1343	1349	1354	1360	1366
2500	1371	1377	1382	1388	1393	1399	1404	1410	1416	1421

За основу измерений температуры ныне принимается международная стоградусная водородная шкала, градус которой определяется как тот промежуток температур, который соответствует $^1/_{100}$ увеличения давления, испытываемого водородом, нагретым при постоянном объеме от температуры таяния чистого льда (0°) до температуры кипения дистиллированной воды под нормальным атмосферным давлением (100°). В ближайшее время она будет заменена абсолютной термодинамической шкалой, которая практически отличается от нее лишь при очень низких температурах.

Шкалы обычных ртутных термометров определяют, разделяя на 100 равных частей приращение объема ртути при нагревании от 1 до 100° (шкала Цельсия). Определенная таким образом шкала совпадает с международной шкалой при 0 и 100°, а для промежуточных температур может отличаться на 0,1—0,2°.

Температура горения.

Развивающаяся при горении температура зависит от рода горючего и от количества вводимых инертных веществ (избытка воздуха, азота и пр.), кроме того — еще от внешней температуры и от давления в топке.

При свободном горении достигаются примерно следующие температуры:

Котельная топка с каменным углем,	внутр. топка	1000—1200°C
„ „ „ „ „	нижняя топка	1100—1250° „
„ „ „ „ „	передняя топка	1300—1500° „
„ „ „ бурым углем, смотря по роду		700—1500° „
„ „ „ дровами и торфом, смотря по роду		700—1100° „

Температура кипения разных веществ при атмосферном давлении.

Азот	— 195,8	Нафталин	218,0
Алкоголь	— 78,3	Нитробензол	210
Алюминий	1800	Окись углерода	— 190
Аммиак	— 33,4	Олово	2270
Анилин	184,2	Парафин	300
Ацетилен	— 83,6	Поваренная соль нас. раств.	108
Ацетон	56,7	Ртуть	357,3
Бензол	80,2	Свинец	1525
Бензофенон	305,9	Сера	444,5
Висмут	1420	Сернистый ангидрид	— 10,0
Вода	100	Сероуглерод	46,2
Водород	— 252,8	Скипидар	161
Воздух	— 193	Толуол	110,8
Гелий	— 268,8	Углекислота	— 78,5
Глицерин	290	Уксусная кислота	118,5
Железо	2450	Фосфор	287
Кадмий	767	Хлор	35,8
Кислород	— 183,0	Хлористый кальций нас. раств.	180
Льняное масло	316	Хлороформ	62
Магний	1120	Цинк	950
Марганец	1900	Эфир	34,5
Медь	2300		
Метиловый алкоголь	64,7		

Температура плавления и отвердевания различных тел при нормальном атмосферном давлении.

Азот	— 209,9	Марганец	1260
Алкоголь	— 114	Масло льняное	— 20
Алюминий	600	„ репное	— 3,5
Аммиак	— 78,2	Медь	1083
Анилин	— 6,2	Молибден	2620±10
Боксит	1820	Натрий	97,5
Бензол	5,50	Нафталин	80,0
Бор	2300	Никель	1452
Бронза ок.	900	Олово	231,8
Бура	878	Осмий	2700
Ванадий	1800	Палладий	1557
Висмут	271	Парафин	54
Вода	0	Платина	1764
„ морская	— 2,5	Поваренная соль	800
Вольфрам ок.	3400	Повар. соль, конц. раств.	18
Воск	64	Припой мягкий	135—210
Вуда сплав	60—70	„ с висмутом	91—125
Глинозем чистый	2010	Ртуть	— 38,87
Глицерин	— 20	Свинец	327,5
Графит	1500	Сера	112,8
Дельта-металл	950	Сернистый ангидрид	— 72
Доменные шлаки	1300—1430	Сероуглерод	— 112,0
Дуралюминий	≈ 650	Серебро	960,5
Железо чистое	1535	Скипидар	— 10
Чугун серый	1200	Спермацет	49
„ белый	1130	Сталь	1300—1400
Золото	1063	Стеарин	68
Инвар (никелевая сталь)	1425	Сурьма	630,5
Иридий	2350	Тантал	2850
Кадмий	320,9	Титан	1800
Калий	62,5	Толуол	— 94,5
Кальций	113,5—119,5	Углекислота	— 78,5
Каучук	125	Фарфор	1550
Кислород	— 218	Фосфор	44,1
Кобальт	1480	Хлористый кальций нас. раств.	720
Кремний	1420	Хлороформ	— 40
Латунь (для 40% Zn и 60% Cu)	900	Хром	— 63,7
Магналий	600—700	Феррохром	1615
Магний	651	Цинк	2180
			419,43

Светильный газ в бунзеновской горелке:

без доступа воздуха	ок. 1700°C
с половинным притоком воздуха	„ 1800° „
с полным „ „	„ 1870° „
Светильный газ в кислороде	„ 2200° „
Водород, свободно горящий в воздухе	„ 1900° „
„ в кислороде (гремучий газ)	„ 2420° „

Спиртовая лампа	ок 1700°C
Спирт в бунзеновской горелке	„ 1800°.
Ацетилен	„ 2550°.

Для сравнения укажем температуры различных источников света.

Лампа с угольной нитью	2100°C
„ с металлической нитью	2500°.
„ полуваттная	2700°.
„ дуговая	3750 – 4200°.
Температура солнца	≈ 6000°.
„ Сириуса	12500°.

В 1916 г. проф. Луммеру в Бреславле удалось получить в кратере вольтовой дуги под давлением в 23 атмосферы температуру 8000°. В 1922 г. Андерсон в Америке путем распыления тонкой металлической проволочки действием мощного электрического разряда достиг в ней температуры свыше 20000°C.

2. Количество тепла.

Большая калория (киллограмм-калория) есть количество тепла, необходимое для нагревания 1 *кг* воды при 15° на 1°C.

Практически большая калория = средней калории = $^1/_{100}$ количества тепла, необходимого для нагревания 1 *кг* воды от 0 до 100°C.

Малая калория (грамм-калория) есть количество тепла, необходимое для нагревания 1 *г* воды на 1°C., т. е. она равна $^1/_{1000}$ большой калории.

Английская тепловая единица (British Thermal Unit, B. T. U.) есть количество тепла, необходимое для нагревания 1 англ. фунта воды на 1° Фаренгейта. 1 B. T. U. = 0,2520 больш. калории.

Во французской системе M. T. S. единицей количества тепла служит термия — количество тепла, необходимое для нагревания 1 тонны воды при 15° на 1°C. В этой системе большая калория называется миллитермией, малая калория — микротермией.

В холодильной технике для измерения количества теряемого тепла применяется фригория, равная по абсолютной величине большой калории.

Теплота и работа эквивалентны. Значение одной единицы количества тепла в единицах работы называется механическим эквивалентом тепла. Значение одной единицы работы в тепловых единицах называется калорическим эквивалентом работы.

1 б. кал. = 4,186. 10^{10} эргов = 426,9 килограммометрам = 4184 международн. джоулям = 3,968 B. T. U.

1 англ. тепловая единица (B. T. U.) = 0,2520 б. кал. = 778 фунто-футам (анг.) = 107,6 килограммометрам.

3. Теплоемкость.

Под теплоемкостью *c* данного вещества подразумевается число калорий, необходимое для нагревания 1 *кг* вещества на 1°C.

Для нагревания *g* *кг* вещества, имеющего теплоемкость *c*, на *t* градусов, требуется *g*. *c*. *t* калорий.

Теплоемкость различных веществ при 15°С.

Алкоголь	0,58	Золото	0,031	Ртуть	0,0333
Алюминий	0,214	Керосин	0,51	Свинец	0,031
Бензол	0,41	Латунь	0,09	Сера	0,17
Бронза	0,09	Лед	0,463	Серная кислота	0,33
Вода	0,999	Каменный уголь	0,31	Серебро	0,055
Водяной пар	0,48	Машинное масло	0,4	Скипидар	0,42
Гипс	0,2	Мед	0,091	Сталь	0,114
Гранит	0,2	Мрамор	0,2	Стекло	0,19
Графит	0,2	Никель	0,109	Сурьма	0,05
Древесный уголь	0,2	Олово	0,054	Цинк	0,092
Железо	0,111	Платина	0,032	Эфир	0,56

Теплоемкость не постоянна — с увеличением температуры она немного возрастает для всех тел, кроме ртути, для которой она убывает.

4. Скрытая теплота плавления.

Скрытая теплота плавления какого-либо вещества есть число больших калорий, затрачиваемое для превращения 1 *кг* вещества из твердого состояния в жидкое без повышения температуры. То же самое количество тепла освобождается при отвердевании расплавленного вещества.

Скрытая теплота плавления различных веществ.

Алюминий	100	Олово	13,8
Аммиак	33,4	Парафин	35
Бензол	30,4	Платина	27
Висмут	10,2	Ртуть	2,8
Доменные шлаки	(50)	Свинец	5,47
Железо	49	Сера	9
Кадмий	10,8	Серебро	26
Лед (вода)	79,7	Фосфор	5
Медь	43,3	Цинк	23
Нафталин	36		

5. Скрытая теплота кипения.

Скрытая теплота кипения жидкости есть число больших калорий, затрачиваемое на превращение 1 *кг* жидкости при постоянном внешнем давлении в пар той же температуры. Такое же количество тепла освобождается при конденсации пара. Скрытая теплота кипения зависит от температуры (см. табл. на стр. 137).

6. Расширение тел от теплоты.

Коэфициент линейного расширения α есть увеличение длины тела при увеличении температуры на 1°С и при первоначальной длине, равной 1.

Скрытая теплота при температуре кипения.

Алкоголь	202	Сернистый ангидрид	96
Аммиак (при 0°) .	321	Сероводород	85
Анилин	104	Скипидар	70
Азот	48	Толуол	87
Бензол	94	Углекислота	142
Вода	539,1	Хлор	62
Водород	110	Хлористый метилен при (0°)	97
Кислород	51	Хлороформ	58
Ртуть	68	Эфир	90
Сера	362		

Коэфициент объемного расширения $= 3\alpha$ для твердых однородных тел. Для всех газов при постоянном давлении расширение на 1° повышения температуры составляет почти одинаково $1/273 = 0{,}00366$ первоначального объема.

Коэфициент линейного расширения.

Алюминий	$27 \cdot 10^{-6}$	Олово	$23{,}0 \cdot 10^{-6}$
Бронза	$17{,}5 \cdot 10^{-6}$	Платина	$9{,}0 - 13{,}5 \cdot 10^{-6}$
Висмут	$13{,}4 \cdot 10^{-6}$	Платино-иридий .	$8{,}8 \cdot 10^{-6}$
Гипс	$25 \cdot 10^{-6}$	Свинец	$29{,}2 \cdot 10^{-6}$
Дуралюминий . .	$22{,}6 \cdot 10^{-6}$	Сера	$9 \cdot 10^{-6}$
Железо электролитическое . .	$12{,}5 \cdot 10^{-6}$	Серебро	$19{,}7 \cdot 10^{-6}$
Золото	$14{,}4 \cdot 10^{-6}$	Сталь углерод. не закал. (C = 1%)	$11{,}5 \cdot 10^{-6}$
Инвар (36% никеля, 63,5% железа	$1{,}6 \cdot 10^{-6}$	Сталь углерод. закал. (C = 1%)	$12 \cdot 10^{-6}$
Иридий	$6{,}5 \cdot 10^{-6}$	Сталь никелевая (Ni = 20%) . . .	$20 \cdot 10^{-6}$
Кварц плавленый	$0{,}5 \cdot 10^{-6}$	Стекло	$4 - 11{,}5 \cdot 10^{-6}$
Кобальт	$12{,}7 \cdot 10^{-6}$	Тантал	$6{,}5 \cdot 10^{-6}$
Константан . . .	$15{,}2 \cdot 10^{-6}$	Фарфор	$3{,}0 \cdot 10^{-6}$
Латунь (с 2% Cu)	$19{,}8 \cdot 10^{-6}$	Хром	$90 \cdot 10^{-5}$
Магналий	$24 \cdot 10^{-6}$	Цинк	$26 \cdot 10^{-6}$
Магний	$26 \cdot 10^{-6}$	Чугун	$10{,}4 \cdot 10^{-6}$
Медь	$16{,}5 \cdot 10^{-6}$	Электрон	$28{,}5 \cdot 10^{-6}$
Нейзильбер . . .	$18 \cdot 10^{-6}$		
Никель	$13 \cdot 10^{-6}$		

Железо и сталь имеют почти одинаковое расширение. Коэфициент расширения в среднем между 0 и 100° равен $11{,}5 \cdot 10^{-6} \cdot t$, при более высоких температурах $11{,}5 \cdot 10^{-6} + 0{,}08 \cdot 10^{-6} \cdot t$ (t повышение температуры в градусах). Сталь в закаленном состоянии обладает большим коэфициентом расширения до 0.000014, который однако при отпуске приходит к нормальной величине.

Пример. Определить удлинение швеллерной балки длиною 520 *мм* при нагревании с 20° до 25°С.

Коэфициент расширения железа $11{,}5 \cdot 10^{-6}$ (т. е. удлинение составляет 0,0000115 *м* на длину 1 *м* при нагревании на один градус). Значит удлинение всей балки от нагревания на 5° (25—20 = 5) составит

$$520 \times 0{,}0000115 \times 5 = 0{,}0299 \approx 0{,}03 \text{ мм}.$$

7. Линейная усадка металлов при отливке.

Металл	Усадка в %	Металл	Усадка в %
Алюминий	1,8	Нейзильбер при литье в песке с 12% Ni, 25,6% Zn и т. д. . . .	1,8
Алюминиевая бронза с 4% Al	1,9	Олово при литье в песке	0,225
Алюминиевый американский сплав . .	1,4	„ „ „ кокилях	0,7
Алюминиевый немецкий сплав	1,4	Свинец при литье в песке	0,75
Бронза оловянная с 8% Sn	1,53	Свинец при литье в кокилях	0,94
Бронза никелевая с 10% Ni и 23% Sn . .	2,0	Свинец с 70% Sn . . .	0,44
Дуралюминий при литье в кокилях	1,5	Силумин	1,0—1,14
Красное литье с 10% Sn и 10% Zn	1,33	Стальное литье	2,0
Красное литье с 4% Sn и 6% Zn	1,62	Цинк	1,6
Латунь с 26% Zn . . .	1,57	Чугун в осевом направлении для цилиндрового литья	0,9
Латунь с 41% Zn . . .	1,43	Чугун для диаметральных размеров для больших цилиндров .	0,5
Магналий	1,2—1,6	Чугун для тяжелых отливок из серого чугуна	0,7—0,8
Медь	1,25	Чугун ковкий	до 2
Медь с 0,35% Fe	1,42		
Никель при литье в песке	1,9		
Никель при литье в кокилях	1,68		

Усадка при горячем штамповании — см. статью о штамповании.

Усадка при прокатке стали принимается около 1,2%.

Пример. Для получения отливки из оловянной бронзы длиною 120 *мм* модель для отливки должна иметь длину $120 + 120 \frac{1{,}33}{100} = 120 + 1{,}84 = 121{,}8 \approx 122$ *мм*.

Определение веса отливки по весу ее модели.

(По Кармаршу.)

Вес отливки равен весу модели, умноженному на коэфициент, найденный из нижеследующей таблицы. Необходимо отметить однако, что

такой способ подсчета веса отливки является грубо-приближенным, так как не учитывает веса полостей, заполняемых шишками, прибылей, отрезаемых при сдаче отливки из литейного цеха, и пр.

Материал модели	Материал отливки				
	чугун	латунь	медь или бронза	цинк	алюминий
Ель или пихта	14,0	15,8	16,6	13,5	5,1
Дуб	9,0	10,1	10,4	8,6	3,3
Бук	9,7	10,9	11,4	9,4	3,6
Липа	13,4	15,1	15,6	12,9	4,9
Груша	10,2	11,5	11,9	9,8	3,7
Береза	10,6	11,9	12,3	10,2	3,9
Ольха	12,8	14,3	14,8	12,2	4,6
Красное дерево	11,7	13,2	13,6	11,2	4,3
Латунь	0,84	0,95	0,99	0,81	0,31
Цинк	1,00	1,13	1,17	0,96	0,36
Олово (с $^1/_3$—$^1/_4$ свинц.)	0,89	1,00	1,03	0,85	0,32
Свинец	0,64	0,72	0,74	0,61	0,23
Чугун	0,97	1,09	1,13	0,93	0,35

Пример. Если модель из дуба весит 1 *кг*, то отливка из чугуна весит $\approx 1 \times 9{,}0 = 9$ *кг*.

5. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

(По ОСТ 515).

1. Единицы электрического сопротивления.

Ом (Ω) — сопротивление при неизменяющемся электрическом токе и при температуре тающего льда ртутного столба длиной в 106,300 *см*, имеющего сечение, одинаковое по всей длине, и массу в 14,4521 *г*. **Мегом (MΩ)** — один миллион омов. **Микром (μΩ)** — одна миллионная ома. Точная величина ома определяется ртутными образцами ома Главной палаты мер и весов СССР, изготовленными согласно международных постановлений и спецификаций.

2. Единицы силы тока.

Ампер (A) — сила неизменяющегося электрического тока, который отлагает 0,00111800 *г* серебра в секунду, проходя через водный раствор азотнокислого серебра. **Миллиампер (mA)** — одна тысячная ампера. **Микроампер (μA)** — одна миллионная ампера. Точная величина ампера определяется по серебряному вольтметру Всесоюзного Института метрологии и стандартизации согласно международных постановлений и спецификаций.

3. Единицы электрического напряжения и электродвижущей силы.

Вольт (V) — электрическое напряжение или электродвижущая сила, которые в проводнике, имеющем сопротивление в один ом, производят ток силой в 1 ампер. **Киловольт (kV)** — одна тысяча вольт. **Милли-**

вольт (mV) — одна тысячная вольта. Микровольт (μV) — одна миллионная вольта. Точная величина вольта устанавливается посредством нормальных элементов Всесоюзного Института метрологии и стандартизации, *изготовляемых согласно международных постановлений.*

4. Единицы электрической мощности.

Ватт (W) — мощность неизменяющегося электрического тока силой в один ампер при напряжении в один вольт. Мегаватт (MW) — один миллион ватт. Киловатт (kW) — одна тысяча ватт. Гектоватт (hW) — сто ватт. Милливат (mW) — одна тысячная ватта. Микроватт (μW) — одна миллионная ватта.

5. Единицы количества электричества.

Кулон (ампер-секунда) (C) — количество электричества, протекающее *через поперечное сечение проводника в течение одной секунды при* токе силой в один ампер. Ампер-час (Ah) — три тысячи шестьсот кулонов. Микрокулон (μC) — одна миллионная кулона.

6. Единицы работы электрического тока.

Ватт-секунда (WS) Джоуль (J) — работа, совершаемая электрическим током в течение одной секунды при мощности тока в один ватт. Ватт-час (Wh) — три тысячи шестьсот ватт-секунд. Мегаватт-час (MWh) — один миллион ватт-часов. Киловатт-час (kWh) — одна тысяча ватт-часов. Гектоватт-час (hWh) — сто ватт-часов.

7. Единицы электрической емкости.

Фарада (F) — емкость конденсатора, заряжаемого до напряжения в один вольт одним кулоном. Микрофарада (μF) — одна миллионная фарады. Микромикрофарада (μμF) — одна миллионная микрофарады.

8. Единицы самоиндукции и взаимной индукции.

Генри (H) — самоиндукция электрической цепи, в которой индуктируется электродвижущая сила в один вольт при равномерном изменении тока в этой же цепи со скоростью одного ампера в одну секунду. Взаимная индукция в системе двух электрических цепей, в одной из которых индуктируется электродвижущая сила в один вольт при равномерном изменении тока в другой цепи со скоростью одного ампера в одну секунду. Миллигенри (mH) — одна тысячная генри. Микрогенри (μH) — одна миллионная генри.

6. СВЕТОВЫЕ ВЕЛИЧИНЫ. [1])

1. Определение световых величин.

1. Сила света *I* измеряется в международных свечах (св).

Международная свеча есть единица, установленная Съездом Международной осветительной комиссии 4 июня 1921 г. Она осуществляется и поддерживается при помощи эталонных электрических ламп накалива-

---

[1]) См. изд. ВИМС № 68: П. М. Тиходеев „Об установлении системы световых единиц СССР".

ния, хранящихся в государственных лабораториях Англии, Франции и Соед. Штатов Сев. Америки.

Обычно дается: средняя горизонтальная сила света I_h — для газовых ламп и старых типов электрических ламп накаливания; средняя (нижняя) полусферическая сила света $I_\smile$ для дуговых ламп (в арматуре); средняя сферическая сила света I_0 для новых типов ламп накаливания, связанная зависимостью с полусферической силой света:

$$\frac{I_\smile + I_\smile}{2} = I_0,$$

переводный множитель K_0;

$$K_0 I_h = I_0.$$

В Германии применяется свеча Гефнера = 0,9 междунар. свечи.

2. Световой поток $F = I\omega$ = сила света точечного (равномерно во всех направлениях излучающего) источника, умноженной на телесный угол ω. Световой поток измеряется в люменах (лм); люмен равен световому потоку внутри единичного телесного угла (стерадиана) от точечного источника с силою света в 1 международную свечу.

Телесный угол измеряется вырезаемой им из описанной вокруг вершины угла сферы площадью S, деленной на квадрат радиуса r сферы: $\omega = \frac{S}{r^2}$. Таким образом $F = I\omega = I\frac{S}{r^2}$.

Телесный угол равен 1 стерадиану при $S = 1$, $r = 1$.

Полусфера обнимает телесный угол $\frac{2\pi r^2}{r^2} = 2\pi = 6{,}285$

Сфера . . . $\frac{4\pi r^2}{r^2} = 4\pi = 12{,}57$

Световой поток внутри полусферы $= 2\pi I_\smile = 6{,}285 I_\smile$.
" " " сферы $= 4\pi I_0 = 12{,}57 I_0$.

3. Количество света $Q = Ft$ = световому потоку, умноженному на время. Единицею служит люмен-час.

4. Яркость $B = \frac{I}{S}$ = числу свечей на 1 $см^2$ светящейся поверхности.

Единицей служит стильб (сб) яркости, равный 1 свече на 1 $см^2$.

Яркость нитей пустотных металлических ламп накаливания равна $180 \frac{св}{см^2}$. Яркость нитей наполненных газом металлических ламп накаливания равна $1000 \frac{св}{см^2}$ Яркость кратера вольтовой дуги равна $32\,000 \frac{св}{см^2}$

5. Освещенность $E = \frac{F}{S} = \frac{I}{r^2}$, т. е. освещенность измеряется падающим на единицу поверхности световым потоком; иначе она есть поверхностная плотность светового потока.

Освещенность измеряется в **люксах** (лк). Люкс равен освещенности поверхности, когда на каждый $м^2$ ее падает 1 лм. 1 междун. свеча дает на расстоянии 1 *м* освещенность в 1 лк на плоскости, перпендикулярной к падающему пучку.

В Америке и в Англии вместо люкса для измерения освещенности пользуются единицей Foot-candle (фут-свеча) = 10,83 лк.

2. Электрические лампы накаливания.

Угольные лампы устарели. Удельное потребление их $3-4\frac{W}{св_0}$.

Современные лампы накаливания до 60 W потребляют прибл. $1{,}4-1{,}75\frac{W}{св_0}$.

Современные лампы накаливания от 100 W и выше потребляют прибл. $1-0{,}65\frac{W}{св_0}$.

Большие лампы, таким образом, потребляют приблизительно вдвое меньше мощности на 1 св. чем малые. Так как установка освещения и уход за источниками света тем проще и дешевле, чем меньше в помещении установлено ламп, то, вообще говоря, следует в каждом помещении иметь не больше ламп, чем сколько требуется для правильного распределения, равномерности и удобства освещения.

Комитетом по стандартизации при СТО утвержден следующий стандарт на лампы накаливания (ОСТ 195):

Таблица ламп накаливания по ОСТ 195.

Наполненные газом лампы (газополные)			Пустотные лампы с металлической нитью		
Ватты	Средняя сфер. сила света		Ватты	Средняя сфер. сила света	
	110 и 120 V	220 V		110 и 120 V	220 V
50	38,5	37,5	15	8,6	—
75	68	53,5			
100	100	80	20	—	11,10
150	167	136			
200	235	200	25	17,30	—
300	375	326			
500	685	602	30	—	18,80
750	1070	975			
1000	1470	1370	50	35,70	34,50

Срок службы пустотных ламп — 850 часов, срок службы газополных ламп — 800 часов.

Чем больше яркость поверхности, тем больше ее **блескость** (слепящее действие на глаз). При яркости $B \leqq 0{,}75\frac{св}{см^2}$ поверхность в обычных условиях теряет блескость.

3. Расчет искусственного освещения.

Основное значение для суждения об освещении помещения имеет средняя освещенность E_m на горизонтальной плоскости на высоте 1 *м* над полом.

Требуемая освещенность:

Для лестниц и проходов	E_m	= 10 лк.
„ грубой работы	„	= 30 „
„ нормальной работы и для чтения . . .	„	= 50 „
„ письма	„	= 70 „
„ тонких работ	„	= 90 „
„ черчения	„	= 100 „
„ самых тонких работ и для шитья по темной материи	„	= 120 „
„ уличного освещения (в зависимости от движения)	„	= 0,5— 2 лк.; 3 — 5 „; 5 —10 „; 10 —20 „

$$\text{Средняя освещенность} = \frac{\text{падающему на пол световому потоку}}{\text{площадь пола в } м^2}$$

или

$$= \frac{\text{полному свет. потоку всех источников}}{\text{площадь пола в } м^2}\,\eta$$

Коэфициент использования η зависит от арматур и освещаемой площади, а также (для закрытых помещений) от коэфициентов отражения потолка и стен.

Освещение открытых пространств или закрытых помещений с темным потолком:

$$E_m = \frac{6{,}285 I_{\circlearrowright}\ (\text{лампа с арматурой})}{\text{площадь пола } (м^2) \text{ на лампу}}\,\eta$$

$\eta = 0{,}8$ — большие пом.; 0,7 — средние; 0,6— малые (все при светлых стенах).

$\eta = 0{,}6$ — большие пом.; 0,5 — средние; 0,4 — малые (все при темных стенах).

Площадь пола на лампу получается при делении всей площади на число установленных ламп.

Величину E_m можно взять из вышеприведенной таблицы; тогда $I_{\circlearrowright}$ (требуемая сила света) лампы с арматурой получается по заданному значению E_m.

Освещение закрытых помещений с белым потолком и светлыми стенами.

$$E_m = \frac{12{,}57 I_0\ (\text{источник без арматуры})}{\text{площадь пола } (м^2) \text{ на лампу}}\,\eta$$

Для электр. ламп накаливания:
- $\eta \approx 0{,}44$ для прямого, рассеянного и полурассеянного освещения.
- $\eta \approx 0{,}34$ для вполне рассеянного освещения.

Если коэфициент отражения потолка и стен уменьшится вследствие загрязнения или если в помещении имеются трансмиссии или другие дающие тени предметы, то, в зависимости от обстоятельств, надо умножать η на 0,9—0,7.

Пример. Требуется осветить мастерскую 8×16 *м*²; при 3,5 *м* высоты, с белым потолком и светлыми стенами, восемью арматурами для наполненных газом ламп со средней освещенностью 60 лк. Система освещения — полурассеянная, напряжение 110 V.

На каждую лампу приходится площадь пола 16 *м*². $\eta = 0{,}44 \cdot 0{,}9 = 0{,}4$. Согласно приведенной выше формулы.

$$E_m = \frac{12{,}57 \cdot I_{\text{ш}}}{16} \cdot 0{,}4; \text{ отсюда } I_{\text{ш}} = \frac{60 \cdot 16}{0{,}4 \cdot 12{,}57} = 191 \text{ св}_{\text{ш}}.$$

Наполненные газом лампы на 150 W дают 167 св$_{\text{ш}}$, а на 200 W — 235 св$_{\text{ш}}$.

Восемь ламп по 200 W дают освещенность выше требуемой, а восемь ламп по 150 W — несколько ниже

Экономичность хорошей освещенности проявляется при сравнении работы при плохом и хорошем освещении. Ниже приведена взятая из американской практики таблица производительности труда до и после рационализации освещения и дополнительные накладные расходы на улучшенное освещение:

Характер работы	Средняя освещенность в люксах		Увеличение производительности труда после рационализации %	Увеличение накладных расходов на рабсилу вследствие увеличения затрат на освещение %
	до рационализации освещения	после рационализ. освещения		
Чистовое обтачивание шкивов	2,5	50	35	5
Тяжелые машиностроительные работы . .	30	125	10	1,2
Шабровка подшипников . . .	50	140	15	1,2
Сборка карбюраторов	23	130	12	0,9

Как видно из таблицы, во многих случаях дополнительные затраты на освещение с избытком перекрываются увеличением производительности труда.

7. АКУСТИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ.

1. **Высота звука** определяется частотой колебаний, его вызывающих. Единица — период в секунду (герц).[1])

2. **Сила звука** в данном месте измеряется количеством энергии, проходящей за единицу времени через единицу поверхности, перпендикулярной к направлению распространения звука. Единица C. G. S. есть эрг в секунду на квадратный сантиметр $= 10^{-7}$ ватт на *см*².

3. **Громкость звука** есть условная мера звукового ощущения. Если I_1 есть сила данного звука, I_0 — сила звука, соответствующая порогу слышимости, то громкость равна $10 \lg \frac{I_1}{I_0}$ фонов. Громкость слышных звуков и шумов определяется (по проекту германского комитета физических и технических единиц AEF) на слух путем сравнения с громкостью нормального звука, производимого в воздухе плоской синусоидальной волной с частотой 1000 герц, приходящей спереди к наблюдателю, у которого одно ухо закрыто.

Измерение громкости звука. По проекту германских норм принято, что громкость звука в 70 фонов производится эффективным давлением звука в 1 дину на 1 *см*². Для измерения силы звука существуют различные приборы (Dold-Thiele, Barkhausen), которыми можно пользоваться при обследовании условий труда в мастерских.

В котельных мастерских встречается шум, с силой	80	фонов
В ткацких мастерских	40 — 55	„
Шум от проезжающего локомотива	35 — 55	„
Шум при шлифовании железных чанов	≈ 70	„
Шум в механических мастерских около	40 — 55	„
Шум в закрытой телефонной будке, расположенной в мех. мастерской	20	„

Влияние звука на производительность труда. Звук силой в 55 — 60 фонов уже вредно отзывается на слухе (в кузнечных и котельных мастерских у рабочих с увеличением возраста ухудшается слух). В особенности вредны внезапные свистки, удары, взрывы. Злоупотребление алкоголем и в особенности курение табаку понижают сопротивляемость слуховых нервов вредному влиянию сильных звуков.

Для работников, работающих в конторах и бюро, шум (от пишущих машин, счетных машин и проч.) понижает производительность: у руководящих работников умственного труда — до 30%, у машинисток — до 5%. Судя по опытам Colgate University уменьшение шума от пишущих машин на 15% вызывает увеличение производительности машинисток на 5% (т. е. восстанавливает ее в полной мере) и уменьшает затрату усилий машинисток на 25%.[2])

Установлено, что ритмически повторяющийся звук одной и той же высоты благотворно действует при физической работе, увеличивая про-

---

[1]) Человеческое ухо воспринимает звуки с частотой от 15 до 20 000 герц.

[2]) Последнее установлено по относительному количеству углекислоты, выдыхаемой машинистками во время работы.

изводительность и улучшая самочувствие рабочих; негармоничные звуки понижают производительность. Гармоничные ритмические звуки могут увеличить производительность до 20% и выше, если их ритм совместить с ритмом работы (подразумевается, что ритм работы соответствует силам рабочего). Повидимому производительность увеличивается вследствие сокращения расхода психической работы со стороны рабочего, если последний работает по сигнализируемому со стороны ритму. Поэтому работа в такт менее утомительна, чем свободная работа.

Выяснено, что музыка и пение при однообразной механической работе повышают интерес к ней со стороны рабочих и потому повышают производительность. На некоторых заводах за границей начали пользоваться для повышения производительности труда радиомузыкой в мастерских во время работы (например заводы Siemens'a в Берлине), некоторые же заводы (например фирмы Osram) поощряют по этой же причине пение во время работы.

Таким образом усилия организаторов производства должны быть направлены к тому, чтобы снизить шум и в ряде случаев подобрать ритмически звуки применительно к отдельным видам работы. [1])

---

[1]) В иностранной литературе имеются предложения даже подбирать зубчатые передачи таким образом, чтобы получить музыкальные шумы; так, при передаточном числе 5:6 получается малая терция, 4:5 — большая терция, 2:3 — квинта, 2:1 — октава. Например, при количестве зубцов 60 и 25 на сцепляющихся колесах получается малая терция и т. д. См. об этом Am. Mach. V. 63, стр. 49.

IV. МАТЕРИАЛЫ

1. ХИМИЯ.

(Важнейшие сведения.)

1. Химические элементы.

Всего существуют 92 химических элемента; к 1942 году все они уже были найдены в природе. В приведенной на стр. 150—151 таблице под названием „Периодическая система элементов", впервые предложенной Д. И. Менделеевым, *элементы расположены в таком порядке, который* определяется их атомным весом и прочими свойствами. В зависимости от расположения в таблице каждый элемент получает свой порядковый атомный номер, определяющий, таким образом, свойства элемента. Каждый из элементов *может быть отнесен к одной из двух групп таблицы — к металлам* или металлоидам. Металлы отличаются от металлоидов хорошей тепло- и электропроводностью, пластичностью и блеском; металлоиды хрупки и плохо проводят тепло и электричество. Названия всех элементов *металлического характера помещены в таблице под жирной линией.*

В левой вертикальной (первой) графе таблицы помещаются названия щелочных металлов с наиболее характерными их представителями — натрием и калием. Эти металлы неустойчивы на воздухе (сильно окисляются) *и даже разлагают воду (отнимают от нее кислород).* [1])

Важнейшими представителями второй вертикальной графы являются магний и кальций. Первый при известных предосторожностях еще устойчив на воздухе и является составной частью многих сплавов, наиболее *легких из всех известных до настоящего времени* (удельн. вес $\approx 1,7$). Остальные металлы этого ряда, как например кальций, неустойчивы на воздухе. Вследствие хорошего сродства (т. е. свойства соединяться) с кислородом, азотом и серой кальций применяют в качестве средства *для очистки сплавов.*

В следующей вертикальной графе помещается алюминий — наиболее распространенный металл на земной поверхности (глина состоит главным образом из Al_2O_3, т. е. из алюминия и кислорода), имеющий большое *значение в промышленности.*

Находящийся на вершине третьего ряда бор — хрупкий металлоид — по своим свойствам близок к металлоидам четвертого ряда — углероду и кремнию, которые являются весьма ценными примесями, придающими *твердость сплавам. Таким же свойством* обладает и титан, ранее неизвестный в том же четвертом ряду. Его характерной особенностью является сильное сродство к азоту, кислороду и другим загрязнителям металлических сплавов, вследствие чего титан очень пригоден для очистки *сплавов.*

В пятом ряду находятся редкие элементы — ванадий, ниобий и тантал, из которых пока лишь ванадий широко применяется в сплавах. Эти

[1]) В первую группу помещен также водород, так как по характеру своих *соединений* с другими элементами (он замещает в кислотах металлы) он аналогичен металлам.

Химические элементы (данные 1932 г).

Название	Атомный номер	Обозначение	Атомный вес	Название	Атомный номер	Обозначение	Атомный вес
Азот	7	N	14,008	Неодим	60	Nd	144,27
Актиний	89	Ac	227,0	Неон	10	Ne	20,2
Алюминий	13	Al	26,96	Никель	28	Ni	58,69
Аргон	18	A(Ar)	39,91	Ниобий (Колумбий)	41	Nb	93,1
Барий	56	Ba	137,37	Олово	50	Sn	118,7
Бериллий (Глиций)	4	Be	9,02	*Осмий*	76	Os	190,8
Бор	5	B	10,82	Палладий	46	Pd	106,7
Бром	35	Br	79,916	Платина	78	Pt	195,23
Ванадий	23	V	50,96	Полоний	84	Po	210,0
Висмут	83	Bi	209,00	Празеодим	59	Pr	140,92
Водород	1	H	1,008	Протактиний	91	Pa	230
Вольфрам	74	W	184,0	Радий	88	Ra	225,95
Гадолиний	64	Gd	157,26	Рений	75	Re	?
Галий	31	Ga	69,72	Родий	45	Rh	102,9
Гафний (Кельтий)	72	Hf	178,6	Ртуть	80	Hg	200,61
Гелий	2	He	4,00	Рубидий	37	Rb	85,44
Германий	32	Ge	72,38	Рутений	44	Ru	101,7
Гольмий	67	Ho	163,4	Самарий	62	Sm	150,43
Диспрозий	66	Dy	162,52	Свинец	82	Pb	207,2
Европий	63	Eu	152,0	Селен	34	Se	79,2
Железо	26	Fe	55,84	Сера	16	S	32,065
Золото	79	Au	197,2	*Серебро*	47	Ag	107,88
Иллиний	61	Il	146,0	Скандий	21	Sc	45,10
Индий	49	In	114,8	Стронций	38	Sr	87,62
Иод	53	J	126,932	Сурьма	51	Sb	121,77
Иридий	77	Ir	193,1	Таллий	81	Tl	204,4
Иттербий	70	Ib	173,6	Тантал	73	Ta	181,5
Иттрий	39	Y	89,0	Теллур	52	Te	127,5
Кадмий	48	Cd	112,4	Тербий	65	Tb	159,2
Калий	19	K	39,095	Титан	22	Ti	47,9
Кальций	20	Ca	40,07	Торий	90	Th	232,15
Кислород	8	O	16,00	Тулий	69	Tu	169,4
Кобальт	27	Co	58,97	Углерод	6	C	12,00
Кремний	14	Si	28,06	Уран	92	U	238,17
Криптон	36	Kr	82,9	Фтор	9	F	19,00
Ксенон	54	X	130,2	Фосфор	15	P	31,024
Лантан	57	La	138,91	Хлор	17	Cl	35,46
Литий	3	Li	6,939	Хром	24	Cr	52,01
Лютеций (Кассиопеий)	71	Lu	175,01	Цезий	55	Cs	132,81
Магний	12	Mg	24,32	Церий	58	Ce	140,25
Мазурий	43	Ma	96?	Цинк	30	Zn	65,38
Марганец	25	Mn	54,93	Цирконий	40	Zr	91,2
Медь	29	Cu	63,57	Эканод	85		?
Молибден	42	Mo	96,0	Экацезий	87		?
Мышьяк	33	As	74,96	Эманация радия (Радон)	86	Em	222
Натрий	11	Na	22,997	Эрбий	68	Er	167,7

металлы имеют очень высокую температуру плавления и в чистом состоянии хорошо куются.

В следующем ряду расположены: хрупкий хром, менее хрупкий молибден *и очень тугоплавкий вольфрам, который вследствие этого свойства* до сих пор применяется в производстве электрических лампочек.

Из следующего ряда хорошо известен лишь хрупкий марганец; остальные элементы хотя и открыты, но еще недостаточно изучены.

Следующие три ряда имеют друг с другом много общего и заключают в себе ковкие металлы, хорошо сплавляемые друг с другом и имеющие широкое применение в технике. В одиннадцатом ряду также помещены близкие к предыдущим металлы — медь, серебро и золото, обладающие наибольшей ковкостью из тугоплавких металлов. Двенадцатый ряд включает в себя один из наиболее дешевых металлов — цинк и единственный жидкий при обыкновенной температуре металл — ртуть. Температура плавления металлов этого ряда по сравнению с предыдущими рядами внезапно снижается. В следующем ряду снова находятся *пока не имеющие значения для техники металлы, в то время* как в четырнадцатой и пятнадцатой графах заключаются ценные для промышленности олово и свинец, а затем сурьма и висмут. Два последних металла значительно хрупче первых; они являются переходными элементами к металлоидам — мышьяку, фосфору, селену, сере и пр., которые обычно входят в состав сплавов в незначительных количествах в качестве нежелательных примесей. Последняя графа периодической системы заключает в себе так наз. благородные газы.

Содержание металлов на земле. Землю можно грубо схематически уподобить тиглю с застывающим металлом, с тремя характерными слоями — с внутренним слоем с расплавленным металлом, средним — уже застывшим серпистым каменистым слоем, и верхним — так же за*стывшим слоем окислов металлов (аналогичных шлакам). Можно с боль*шой достоверностью предполагать, что ядро земли состоит главным образом из расплавленного (или находящегося в газообразном состоянии) железа с примесью никеля (около 8% Ni), с незначительными количествами кобальта, фосфора, углерода, а также, возможно, молибдена, вольфрама и платиновых металлов.

Следующий слой — сульфиды — заключает в себе многие применяющиеся в технике металлы, как напр. медь, цинк, свинец, частично железо и никель, а также и более редкие металлы, как сурьма, висмут, кадмий, серебро, золото и ртуть. Об этом слое человечество знало бы очень мало, если бы земная кора застывала спокойно; однако передвижки и изломы при застывании земной поверхности дали в некоторых частях поверхности земли выход этому сульфидному слою.

В верхнем слое земной коры — слое окислов — представлены почти все элементы. Состав этого слоя приведен ниже в таблице. [1])

Состав слоя окислов земной коры.	
$Al_2O_3 \approx 59\%$	$Na_2O \approx 4\%$
$SiO_2 \approx 15\%$	$K_2O \approx 3\%$
Fe_2O_3, FeO $\approx 7\%$	$H_2O \approx 1\%$
$CaO \approx 5\%$	$TiO_2 \approx 1\%$
$MgO \approx 4\%$	Остальное $\approx 1\%$

[1]) По W. Goldschmidt'у

Легкие металлы

H Водород 1		Тугоплавкие металлоиды				
Li Литий 3	Be Бериллий 4	B Бор 5	C Углерод 6			
Na Натрий 11	Mg Магний 12	Al Алюминий 13	Si Кремний 14			
K Калий 19	Ca Кальций 20	Sc Скандий 21	Ti Титан 22	V Ванадий 23	Cr Хром 24	Mn Марганец 25
Rb Рубидий 37	Sr Стронций 38	Y Иттрий 39	Zr Циркон 40	Nb Ниобий 41	Mo Молибден 42	Ma Мазурий 43
Cs Цезий 55	Ba Барий 56	Редкие земельные металлы 57 — 71	Hf Гафний 72	Ta Тантал 73	W Вольфрам 74	Re Рений 75
? Экацезий 87	Ra Радий 88	Ac Актиний 89	Th Торий 90	Pa Протактиний 91	U Уран 92	
Щелочные металлы	Земельно-щелочные металлы	Земельные металлы	Хрупкие тугоплавкие металлы			

Металлы отделены от неметаллических элементов жирной ломанной

							Легкоплавкие металлоиды			He Гелий 2
							N Азот 7	O Кислород 8	F Фтор 9	Ne Неон 10
							P Фосфор 15	S Сера 16	Cl Хлор 17	A Аргон 18
Fe Железо 26	Co Кобальт 27	Ni Никель 28	Cu Медь 29	Zn Цинк 30	Ga Галлий 31	Ge Германий 32	As Мышьяк 33	Se Селен 34	Br Бром 35	Kr Криптон 36
Ru Рутений 44	Rh Родий 45	Pd Палладий 46	Ag Серебро 47	Cd Кадмий 48	In Индий 49	Sn Олово 50	Sb Сурьма 51	Te Теллур 52	J Иод 53	X Ксенон 54
Os Осмий 76	Ir Иридий 77	Pt Платина 78	Au Золото 79	Hg Ртуть 80	Tl Таллий 81	Pb Свинец 82	Bi Висмут 83	Po Полоний 84	Эка-иод 85	Эманация радия 86
Ковкие тугоплавкие металлы				Легкоплавкие белые металлы						

линией.

Торговые и химические названия важнейших для техники веществ.

Торговое название	Химическое название	Формула
Азотная кислота . . .	Азотная кислота . . .	HNO_3
Азотнокислая соль кальция	Азотнокислая соль кальция	$Ca(NO_3)_2 + 4H_2O$
Аммиачные квасцы . .	Двойная сернокислая соль алюминия и аммония	$(NH_4)Al(SO_4)_2 + 12H_2O$
Асбест	Асбест (силикаты Ca и Mg)	
Ацетилен	Ацетилен	C_2H_2
Бензин	Кипящие между 80 и 120° вещества парафинового ряда, получаемые из нефти	(C_nH_{2n+2}).
Бензол	Бензол	C_6H_6
Браунштейн	Перекись марганца . .	MnO_2
Бромистый калий . . .	Бромистый калий . . .	KBr
Гиносульфит	Серноватистокислый натрий	$Na_2S_2O_3 + 5H_2O$
Гипс	Сернокальциевая соль .	$CaSO_4 + 2H_2O$
Глауберова соль . . .	Сернонатровая соль . .	$Na_2SO_4 + 10H_2O$
Глицерин	Глицерин	$C_3H_8O_3$
Едкое кали	Гидрат окиси калия . .	KOH
Едкий натр	Гидрат окиси натрия .	$NaOH$
Желтая хромовая соль .	Средняя хромовокалиевая соль	K_2CrO_4
Железный купорос . .	Серножелезистая соль .	$FeSO_4 + 7H_2O$
Жидкое стекло	Силикат натрия или калия	Na_4SiO_4 или Na_2SiO_3; K_4SiO_4 или K_2SiO_3
Жиры	Смесь:	
	трипальмитина . . .	$C_3H_5(C_{16}H_{31}O_2)_3$
	триолеина	$C_3H_5(C_{18}H_{33}O_2)_3$
	тристеарина	$C_3H_5(C_{18}H_{35}O_2)_3$
Известь жженая . . .	Окись кальция	CaO
Известь гашеная . . .	Гидрат окиси кальция .	$Ca(OH)_2$
Известняк	Углекальциевая соль .	$CaCO_3$
Калийная селитра . . .	Азотнокалиевая соль .	KNO_3
Калийные квасцы . .	Двойная сернокислая соль калия и алюминия	$KAl(SO_4)_2 + 12H_2O$
Кальций-карбид	Карбид кальция	CaC_2
Кальцинированная сода	Угленатровая соль (безводная)	Na_2CO_3
Карборунд	Карбид кремния	SiC
Каустическая сода . .	Гидрат окиси натрия .	$NaOH$
Квасцы	Двойная сернокислая соль калия и алюминия	$KAl(SO_4)_2 + 12H_2O$
Корунд	Глинозем	Al_2O_3

Торговое название	Химическое название	Формула
Кровяная соль желтая	Железисто - синеродистый калий	$K_4Fe(CN)_6 + 3H_2O$
Кровяная соль красная	*Железо - синеродистый калий*	$K_3Fe(CN)_6$
Купорос железный	Серножелезистая соль	$FeSO_4 + 7H_2O$
Мел	Углекальциевая соль	$CaCO_3$
Медный купорос	Серномедная соль	$CuSO_4 + 5H_2O$
Мрамор	Углекальциевая соль	$CaCO_3$
Мыло жесткое	Натровые соли жирных кислот	
Мыло мягкое	Калийные соли жирных кислот	
Мышьяк (белый)	Мышьяковистый ангидрид	As_2O_3
Наждак	Глинозем	Al_2O_3
Натровая селитра (чилийская селитра)	Азотнонатровая соль	$NaNO_3$
Натровые квасцы	Двойная сернокисл. соль натрия и алюминия	$NaAl(SO_4)_2 + 12H_2O$
Нашатырь	Хлористый аммоний	NH_4Cl
Нашатырный спирт	Водный раствор аммиака	$NH_3 + H_2O$
Поваренная соль	Хлористый натрий	$NaCl$
Поташ	Углекалиевая соль	K_2CO_3
Ржавчина	Гидрат окиси железа	$Fe(OH)_3$
Рудничный газ	Метан	CH_4
Сажа	Углерод с дегтем	
Свинцовые белила	Основная углесвинцовая соль	$Pb_3(CO_3)_2(OH)_2$
Свинцовый сахар	*Уксусносвинцовая соль*	$Pb(C_2H_3O_2)_2 + 3H_2O$
Серная кислота	Серная кислота	H_2SO_4
Сернокислая соль калия	Сернокислая соль калия	K_2SO_4
(Серный) эфир	Этиловый эфир	$(C_2H_5)_2O$
Сероводород	Сероводород	H_2S
Сода кристаллическая	Угленатровая соль	$Na_2CO_3 + 10H_2O$
Сурик	Окись свинца	Pb_3O_4
Уксус	Уксусная кислота	$C_2H_4O_2$
Хлористый барий	Хлористый барий	$BaCl_2$
Хлористый калий	Хлористый калий	KCl
Хлористый кальций	Хлористый кальций	$CaCl_2 + 6H_2O$
Хлорная известь	Хлорная известь	$CaCl(OCl)$
Хлорная вода	Хлорная вода	$Cl_2 + 8H_2O$
Хромпик	Двухромокислый калий	$K_2Cr_2O_7$
Целлулоза	Целлулоза	$(C_6H_{10}O_5)_n$
Циан-кали	Цианистый калий	KCN
Цинковые белила	Окись цинка	ZnO
Чилийская селитра	Азотнонатровая соль	$NaNO_3$
Щавелевая кислота	Щавелевая кислота	$C_2H_2O_4 + 2H_2O$
Ярь-медянка	Основная уксуснокислая соль	$Cu(C_2H_3O_2)_2 + H_2O$

Из помещенной на 149 стр. таблицы видно, что лишь два металла — алюминий и железо — находятся на земной поверхности в значительных количествах. Однако вычисления[1]) показывают, что запасы железных руд, открытые до настоящего времени, если добыча их будет возрастать прежним темпом, исчерпаются через полтора-два столетия, т. е. через очень короткий срок. С другой стороны алюминий на земной поверхности (в глине, бокситах и пр.) находится практически в неограниченных количествах.

Поэтому уже теперь можно сказать, что алюминию и многочисленным алюминиевым сплавам *принадлежит будущее.* [2])

Примеры к стр. 148—153.

1. Ацетилен (C_2H_2) образуется при действии воды (H_2O) на кальций-карбид (CaC_2), по уравнению $CaC_2 + 2(H_2O) = C_2H_2 + Ca(OH)_2$ (водная окись кальция); отсюда $(40{,}07 + 2 \cdot 12{,}00) + 2(2 \cdot 1{,}008 + 16{,}00) = (2 \cdot 12{,}00 + 2 \cdot 1{,}008) + [40{,}07 + 2(16{,}00 + 1{,}008)]$ или $64{,}07 + 36{,}032 = 26{,}016 + 74{,}086$. Значит, для получения 26,016 *г* ацетилена требуется 64,07 *г* кальция-карбида и 36,032 *г* воды; на 1 *кг* кальция-карбида *следовательно надо* $(1\,000 : 64{,}07) \cdot 36{,}032 = 562{,}10$ *г* воды, при этом получится $(1\,000 : 64{,}07) \cdot 26{,}016 = 405{,}85$ *г* ацетилена; по таблице на стр. 161 это составит $405{,}85 : 1{,}16 = 349{,}83$ *литров ацетилена при 760 мм* давления и 0° С.

2. Уголь при сгорании соединяется с кислородом, обращаясь в углекислоту ($C + O_2 = CO_2$); следовательно, для сжигания 1 *кг* чистого угля надо $(2 \cdot 16{,}00) : 12{,}00$ *кг* $= 2{,}666$ *кг* кислорода, т. е. $2{,}666 : 1{,}43$ *м*³ = (см. стр. 161) = 1,86 *м*³ или $(1{,}86 \cdot 100) : 21$ *м*³ = 8,86 *м*³ воздуха, так как в воздухе около 21% кислорода.

3. Кристаллическая сода ($Na_2CO_3 + 10H_2O$) содержит $(2 \cdot 23{,}00 + 12{,}00 + 3 \cdot 16{,}00) = 106{,}00$ частей безводной соды и $10\,(2{,}016 + 16{,}00) = 180{,}16$ частей воды. 1 *т* кристаллической соды весит после удаления воды путем плавления $106{,}00 : 286{,}17$ *т* = 374 *кг*.

4. Из 100 *см*³ раствора медного купороса ($CuSO_4 + 5H_2O$) *путем электролиза* выделено 1,00 *г* чистой меди. Этому количеству соответствует $(63{,}57 + 32{,}07 + 64{,}00 + 90{,}08) : 63{,}57 = (249{,}72 : 63{,}57)\,1{,}00 = 3{,}93$ *г* соли. *Следовательно, раствор был 3,93%, считая на соль с кристаллизационной* водой или $(249{,}72 - 90{,}08) : 63{,}57 = 2{,}51\%$, считая на безводную соль.

5. 50 *г* сплава свинца и олова образуют после растворения в кислоте *и прокаливания смесь окиси* свинца (PbO) и двуокиси олова (SnO_2), которая пусть весит 62 *г*. Если обозначить число граммов свинца в сплаве через x, то имеет место следующее уравнение: $x\,(16{,}00 : 207{,}2) + (50 - x) \cdot (2 \cdot 16{,}00) : 118{,}70 = (62 - 50)$ *г*, откуда находим $x = 7{,}69$, т. е. сплав содержит 15,4% свинца.

2. Удельный вес.

Определение удельного веса металлов. Испытуемое тело сначала взвешивается в воздухе (вес его пусть *будет* $= g_1$), а *затем погружается* в воду. Благодаря потере в весе предмета (по закону Архимеда) чашка весов, к которой подвешено тело, поднимается. Для приведения весов

---

[1]) Вычисления английского геолога Грегори.

[2]) Значительному распространению алюминия в настоящее время мешает главным образом еще недостаточное совершенство методов его получения из Al_2O_3 и, поэтому, его дороговизна.

в положение равновесия необходимо положить некоторый груз g_2. Удельный вес тела $= g_1 : g_2$.

Испытуемое тело может иметь любую форму, но не должно быть слишком мало, чтобы по сравнению с его весом можно было пренебречь весом нити, служащей для подвешивания (конский волос, нитка, очень тонкая проволока). Приставшие к телу пузыри следует удалять.

Пример:

Кусок быстрорежущей стали весит . . . . . $g_1 = 456$ *г*

Добавочный груз весит . . . . . $g_2 = 55$ *г*

Удельный вес . . . . . $\gamma = \frac{g_1}{g_2} = 8{,}3$ *г/см³*.

Определение удельного веса жидкостей обычно производится ареометрами, представляющими стеклянные сосуды в форме стержня, в вертикальном положении погружаемые в жидкость. Шкалы ареометров бывают построены по различным законам, носящим имена их изобретателей (Гей-Люссак, Брикс, Боме и пр.) Ниже приводится таблица перевода градусов Боме в удельный вес. „Рациональная шкала" Боме для тяжелых жидкостей построена по следующему закону: за 0 шкалы принимается штрих, совпадающий при погружении ареометра в воду с поверхностью последней, за 66° Боме — штрих, совпадающий с поверхностью жидкости при погружении ареометра в H_2SO_4 (серную кислоту) с удельным весом 1,842; прочие штрихи шкалы получаются равномерным делением промежуточных интервалов.

Следует однако отметить, что в настоящее время избегают применения эмпирических шкал (Боме, Брикса, и пр.) и переходят к градуировке ареометров непосредственно на плотность.

Перевод градусов Боме в удельный вес („рациональная шкала").

Градусы Боме	Удельный вес	Градусы Боме	Удельный вес	Градусы Боме	Удельный вес	Градусы Боме	Удельный вес	Градусы Боме	Удельный вес
1	1,007	15	1,116	28	1,241	41	1,397	54	1,598
2	1,014	16	1,125	29	1,251	42	1,411	55	1,616
3	1,021	17	1,133	30	1,262	43	1,424	56	1,634
4	0,029	18	1,142	31	1,274	44	1,439	57	1,653
5	1,036	19	1,152	32	1,285	45	1,453	58	1,672
6	1,043	20	1,161	33	1,296	46	1,468	59	1,692
7	1,051	21	1,170	34	1,308	47	1,483	60	1,712
8	1,059	22	1,180	35	1,320	48	1,498	61	1,732
9	1,066	23	1,190	36	1,332	49	1,514	62	1,753
10	1,074	24	1,200	37	1,345	50	1,530	63	1,775
11	1,082	25	1,210	38	1,357	51	1,547	64	1,797
12	1,091	26	1,220	39	1,370	52	1,563	65	1,820
13	1,099	27	1,230	40	1,384	53	1,580	66	1,842
14	1,107								

Удельный вес твердых тел.

Агат	2,5 — 2,8
Азбест	2,1 — 2,8
Алебастр	2,2 — 2,88
Алмаз	3,5
Алюминий (99,4% Al)	2,7
Алюминиевая бронза	7,7
Английская соль кристаллическая	1,7 — 1,8
Асфальт	1,1 — 1,5
Базальт	2,9
Барий	3,8
Бетон	1,8 — 2,5
Бронза (смотря по содержанию олова)	≈ 8,7
Бумага	0,7 — 1,2
Быстрорежущая сталь с 5% вольфрама	≈ 8,10
Быстрорежущая сталь с 10% вольфрама	≈ 8,35
Быстрорежущая сталь с 15% вольфрама	≈ 8,60
Быстрорежущая сталь с 20% вольфрама	≈ 9,00
Бура	1,75
Бурый уголь	1,2 — 1,5
Ванадий	5,5
Вар	1,07 — 1,10
Видиа	≈ 14
Висмут	9,8
Вольфрам	19,1
Воск	0,96
Гипс	2,32
Глет	9,3
Глина сухая	1,8
Глина свежая	2,6
Горный хрусталь	2,65
Гранит	2,50 — 3,05
Графит	1,8 — 2,35
Гудрон	1,02
Гупера масса	1,18
Гуттаперча	0,97 — 0,98
Дельта металл	8,6

Дерево:	Возд. сухое	Свежее
Акация	0,58 — 0,85	0,75 — 1,0
Бакаут	1,2 — 1,4	
Береза	0,51 — 0,77	0,8 — 1,1
Бук белый	0,6 — 0,82	0,9 — 1,25
„ красный	0,66 — 0,83	0,85 — 1,12
Вишня	0,75 — 0,85	1,0 — 1,2
Вяз	0,56 — 0,82	0,8 — 1,2
Груша	0,61 — 0,73	0,95 — 1,1
Дуб	0,7 — 1,0	0,93 — 1,3
Ель	0,35 — 0,6	0,4 — 1,05
Ива	0,5 — 0,6	0,8
Каменный дуб	0,7 — 1,05	0,81 — 1,25
Каштан	0,6	0,75 — 1,15
Клен	0,53 — 0,8	0,83 — 1,5
Красное	0,55 — 1,05	
Липа	0,35 — 0,6	0,6 — 0,9
Лиственница	0,47 — 0,56	0,8
Орех	0,6 — 0,8	0,8 — 1,0
„ американский	0,6 — 0,9	
Пихта	0,37 — 0,75	0,75 — 1,2
Пич-пайн	0,8 — 0,85	
Самшит	0,91 — 1,16	1,2 — 1,25
Сосна	0,31 — 0,76	0,4 — 1,1
Тиковое	0,9	
Тополь	0,4 — 0,6	0,6 — 1,05
Черное	1,2	
Яблоня	0,66 — 0,84	0,95 — 1,25
Ясень	0,57 — 0,94	0,7 — 0,15

Дуралюминий	2,6 — 2,8
Железо чистое	7,88
Железный блеск (окись железа)	5,25
Железный купорос	1,88
Жировик (тальк)	2,7
Жиры	0,92— 0,94
Земля	1,3 — 2,0
Змеевик (серпентин)	2,49
Золото *самородное*	19,33
„ литое	19,25
„ вальцованное	19,36
„ чеканное	19,50
Известь гашеная	2,3 — 3,2
Известковый раствор	1,6 — 1,8
Известняк	1,9
Индиго	0,77
Иод	4,9
Иодистое серебро	5,62
Кадмий	8,6
„ литой	8,54— 8,57
Калий	0,86
Кальций	1,5
Кальций-карбид (1 *кг* дает 0,3 *м³* ацетилена)	2,2[illegible]
Каменная кладка бутовая	2,5
Каменная кладка кирпичная	1,4 — 1,6
Каменная кладка из песчаника	2,0
Каменная соль	2,15
Каменный уголь в куске	1,2 — 1,5
Каменный уголь в куче	0,9 — 1,1
Каолин (фарфоровая глина)	2,2
Карбид вольфрама	≈ 14
Каучук	0,92— 0,96
Кварц	2,65
Квасцы	1,71
Кирпич	1,4 — 2,0
Киноварь	8,09
Кобальт	8,6
Кожа сухая	0,86
„ *жирная*	1,02
Кокс в кусках	0,6
„ толченый	1,25— 1,4
Колокольный металл	8,8
Копал	0,5
Корунд	3,9 — 4,0
Красное литье	8,56 — 8,9[illegible]
Красный железняк	4,9
Кремень	2,59
Кость	1,7
Кремнезем	2,66
Латунь	8,1 — 8,6
Литий	0,53
Лед при 0°	0,9167
Магний	1,7
Магнитный *железняк*	5,1
Магнитный колчедан	4,5 — 4,6
Марганец	7,4
Медь литая	8,30— 8,40
„ вальцованная	8,82— 8,95
„ электролитическая	8,88— 8,95
Медная проволока твердотянутая	8,96
Медная проволока отожженная	[illegible]86
Медный блеск	5,07
Медный колчедан	4,2
Медный купорос	2,27
Мел	1,8 — 2,6
Молибден	9,0
Молибденовая сталь	≈ 8,1
Морская пенка	1,3
Мрамор	2,5 — 2,8
Мышьяк	5,7
Наждак	4,0
Натрий	0,97
Нашатырь	1,52
Нейзильбер	8,5
Никель	8,85— 8,90
Олово белое	7,28
„ серое	5,7
Палладий	12,0
Парафин	0,87
Пемза природная	0,4 — 0,9
Перекись марганца	5,0
Песок сухой	1,4 — 1,6
„ сырой	до 2,0
Песчаник	2,2 — 2,5
Плавиковый шпат	3,15
Платина литая	21,15
„ вальцованная	21,3 —21,5
Платина тянутая	21,3 —21,6
Победит	≈ 14
Полевой шпат	2,54
Пробка	0,24
Поваренная соль	2,15
Резиновые изделия	1,0 — 2,0
Ретортный уголь	≈ 1,9
Рубидий	1,5
Рутений	12,3
Сахар (белый)	1,61
Сварочное железо	7,8
Свинец литой	11,3

Свинец вальцованный	11,94
Свинцовые белила	6,7
Селен аморфный	4,2
„ металлический	4,8
Селитра натровая	2,24
„ калийная	2,09
Сера	1,96—2,07
Серебро литое	10,42—10,52
„ вальцованное	10,5 —10,6
„ тянутое	10,5 —10,62
Слюда	2,6 — 3,2
Смола	1,07
Слоновая кость	1,9
Снег сухой	0,125
„ мокрый	до 0,95
Спермацет	0,94
Сталь	см. Железо
Стальное литье в формах	7,8
Стеарин	1,0
Стронций	2,5
Стекло зеркальное	2,46
„ оконное	2,4 — 2,6
„ хрусталь	2,9
„ флинт	3,0 — 5,9
„ бутылочное	2,6
Сурик	8,6 — 9,1
Сурьма	6 6
Таллий	11,8
Тальк	2,7
Тантал	16,6
Теллур	6,2
Тигельная сталь	7,85
Топаз	3,54
Торий	11,0
Турмалин	3,15
Тяжелый шпат	4,45
Уголь древесный, в кусках	0,4
Уголь древесный толченый	1,4 — 1,5
Уголь каменный	1,2 — 1,5
Угольная нить (в электрич. лампах)	1,25—2,1
Угольные палочки	1,6
Уран	18,7
Фарфор	2,15—2,36
Фибра	1,28
Фосфор белый	1,8
„ желтый	1,83
„ красный	2,19
„ металлический	2,34
Фосфористая бронза	8,8
Хлористый барий	3,7
„ кальций	2,2
„ натрий (поваренная соль)	2,15
Хром	6,8
Цемент	0,8 — 2,0
Церий	7,0
Цинк литой	6,86
„ кованый	7,0 — 7,2
„ вальцованный	6,95—7,15
Цинковый купорос	2,02
Циркон	4,15
Чугун серый	6,6 — 7,8
„ белый	7,0 — 7,8
„ для деталей	7,1 — 7,3
„ ковкий	7,2 — 7,6
Шамот	1,8 — 2,2
Шифер	2,65 — 2,7
Шлак доменный	2,5 — 3,0
Янтарь	1,0 — 1,1

Удельный вес жидких тел.

Ацетон	при 18° С	0,79
Аммиачная вода	„ 18° „	0,88
Алкоголь этиловый	„ 18° „	0,79₁
Азотная кислота		
с 25% HNO_3	„ 18° „	1,151
„ 50% „	„ 18° „	1,314
„ 75% „	„ 18° „	1,418
„ 100% „	„ 18° „	1,52
Белок яичный	„ 15° „	1,04
Бензин		
1-й сорт	„ 15° „	0,700—0,725
2-й „	„ 15° „	0,738—0,748
специальный	„ 15° „	0,740—0,750

Бензол	при	18°C	0,881
Бром	„	0° „	3,187
Веретенные масла	„	20° „	0,89—0,90
Вода дестиллированная	„	0° „	0,99987
„ „	„	4° „	1,00000
„ „	„	15° „	0,99913
„ „	„	20° „	0,99823
„ „	„	25° „	0,99707
Глицерин	„	18° „	1,26
Древесный спирт	„	0° „	0,80
Калийный щелок			
с 10% KOH	„	18° „	1,091
„ 20% „	„	18° „	1,188
„ 30% „	„	18° „	1,200
„ 40% „	„	18° „	1,400
„ 50% „	„	18° „	1,510
„ 55% „	„	18° „	1,570
Каменноугольный деготь		—	1,1—1,25
Касторовое масло	„	18° „	0,961
Керосин	„	15° „	0,79—0,82
Льняное масло	„	15° „	0,93
Медный купорос			
с 10% $CuSO_4$	„	18° „	1,107
„ 15% „	„	18° „	1,167
Минеральные масла	„	15° „	0,8 —1,1
Машинные масла	„	20° „	0,90 —0,91
Масла для букс	„	20° „	0,905—0,92
Молоко цельное	„	15° „	1,028
„ среднее	„	15° „	1,030
„ снятое	„	15° „	1,032
Морская вода	„	4° „	1,026
Натровый щелок			
с 10% NaOH	„	18° „	1,1093
„ 20% „	„	18° „	1,2202
„ 30% „	„	18° „	1,3290
„ 40% „	„	18° „	1,4214
„ 50% „	„	18° „	1,5268
Нефть бакинская	„	15° „	до 0,89
Нигроль 5	„	15° „	≈0,93
„ 6	„	15° „	0,93—0,94
„ 12	„	15° „	0,94—0,95
Олеин	„	15° „	0,92
Оливковое масло	„	18° „	0,915
Пиво	„	12° „	1,02 —1,04
Поваренная соль (в воде):			
14% NaCl	„	18° „	1,071
20% „	„	18° „	1,1485
25% „	„	18° „	1,1897
Ртуть	„	0° „	13,595
„	„	15° „	13,559
„	„	20° „	13,546
„	„	25° „	13,532
Репное масло	„	15° „	0,92

Серная кислота			
с 25% H_2SO_4	при	18°C	1,1796
„ 50% „	„	18° „	1,397
„ 75% „	„	18° „	1,671
„ 100% „	„	18° „	1,833
Серная кислота дымящая	„	18° „	1,835
Скипидар	„	15° „	0,87
Соляная кислота			
с 10% HCl	„	18°	1,0482
„ 20% „	„	18°	1,0989
„ 30% „	„	18°	1,1508
„ 40% „	„	18°	1,199
Сурепное масло	„	15°	0,91 —0,92
Углекислота	„	0°	0,94
Уксусная кислота	„	18°	0,053
Цилиндровые масла	„	20°	0,92 —0,94
Эфир (серный)	„	18°	0,717

Веса сыпучих тел.

1 $м^3$ материала весит килограммов:

Строительные материалы.

Бетон с гранитным щебнем	2200
„ „ известняковым щебнем	2000
„ „ кирпичным щебнем	1800
„ „ доменным шлаком	2200
Известняк, бут	2000
Раствор известковый (известь и песок)	1700
Известь в порошке	500
Песок, глина, земля сухие	1600
„ „ „ сырые	2100
Песок формовочный насыпной	1200
Цемент в порошке	1400
„ утрамбованный	2000
Кирпич	1800
Клинкер	1900

Дерево (сухое, годное для построек).

Бук	800
Дуб	800
Ель	600
Сосна	700
Лиственница	650
Пихта	600
Дрова сосновые в поленьях	320
„ дубовые	420

Уголь.

Бурый уголь	750
Древесный уголь	180
Брикеты	1000
Каменный уголь	800—860
Газовый кокс	450

Сельскохозяйственные продукты.

Рожь	680
Пшеница	760
Ячмень	690
Овес	550
Мука	500
Солод	530
Картофель	750
Плоды	350

Различные предметы.

Зола	900
Бумага	1100
Соль	1250
Снег свежевыпавший	80—190
„ сырой	200—800
Солома	45
Торф сухой	325—410
„ сырой	550—650

Вес 1 литра газов и паров (при 0° и 760 *мм* давления).

Газ или пар	Формула	Молек. вес	Вес литра г	Плотность (для воздуха = 1)	Удельный вес жидкости. Вода = 1
Азот	N_2	28,016	1,25	0,967	
Аммиак	NH_3	17,032	0,76	0,596	0,675 при 33° ожиженный
Ацетилен	C_2H_2	26,02	1,16	0,91	
Ацетон	C_3H_6O	58,05	2,58	2,00	0,792
Бензол	C_6H_6	78,05	3,48	2,69	0,8991
Бром	Br_2	159,84	6,87	5,39	3,186 при 0°
Водород	H_2	2,016	0,09	0,07	
Водяной пар	H_2O	18	0,80	0,62	1,00 в жидком виде
Воздух	—	—	1,29	1,00	
Закись азота	N_2O	44,02	1,97	1,53	
Иод	J_2	253,84	11,22	8,72	4,93 твердый
Кислород	O_2	32	1,43	1,105	
Ксилол	C_8H_{10}	106,08	4,72	3,67	0,756
Метан	CH_4	16,03	0,71	0,55	
Нафталин	$C_{10}H_8$	128,06	5,72	4,43	1,145 тверд.
Окись азота	NO	30,01	1,34	1,037	
Окись углерода	CO	28	1,25	0,967	
Пентан	C_5H_2	72,10	3,22	2,49	0,6263
Пропан	C_3H_8	44,06	1,96	1,562	
Ртуть	Hg	200,6	9,02	6,98	13,596
Светильный газ	—	—	0,56	0,43	
Сера	S_2	64,14	2,85	2,20	1,957—2,07 твердая
Сернистый ангидрид	SO_2	64,07	2,87	2,23	1,46 при 11° ожиженный
Серная кислота	H_2SO_4	98,09	2,78	2,15	1,842 безвод.
Сероводород	H_2S	34,07	1,54	1,191	
Сернистый углерод	CS_2	76,14	3,42	2,64	1,292
Толуол	C_7H_8	92,06	4,10	3,18	0,882
Углекислота	CO_2	4	1,96	1,529	1,73 до—78° твердая
Фосген	$COCl_2$	98,92	4,42	3,42	
Фосфористый водород	PH_3	34,06	1,53	1,18	газ
Хлор	Cl_2	70,92	3,16	2,491	1,558 при 34° ожиженный
Хлористый водород	HCl	36,47	1,63	1,268	
Хлороформ	$CHCl_3$	119,5	5,30	4,12	1,527
Циан	C_2N_2	52,02	2,32	1,81	
Цианистый водород	HCN	27,02	1,22	0,95	
Уксусный ангидрид	C_2H_4O	44	1,96	1,53	
Этан	C_2H_6	30,05	1,34	1,049	
Этилен	C_2H_4	28,03	1,25	0,975	
Этиловый алкоголь	C_2H_6O	46	2,05	1,61	0,806
Эфир	$C_4H_{10}O$	74	3,30	2,56	0,798

Между молекулярным весом, весом 1 литра и отношением веса элемента к весу воздуха существуют следующие зависимости:

Молекулярный вес = 22,41 × вес литра в граммах.

Вес литра в граммах = 1,293 × отношение веса элемента к весу воздуха.

Материал *весом в 10 тонн имеет объем в кубических метрах:*

Картофель	14,0	Дрова дубовые	24,0
Кирпич	6,5—7,5	„ еловые	31,5
Клинкер	5,6—6,3	„ сосновые	29,5
Кокс газовый	21—28	Известь	7,7—8,4
Песок речной мокрый	5,0—5,7	Раствор (известь и песок)	5,6—5,9
„ „ сухой	7,0—7,5	Смола каменноугольная	8,3
„ формовочн. насыпной	8,3	Торф сухой	24—31
„ „ трамбов.	6,1	„ сырой	15—18
Брикеты угольные	9,0—10,0	Уголь бурый сух. в куск.	12,8—15,4
Бут известняковый	5,0	„ древесный из мягкого дерева	67
Глина мокрая	5,0	„ древесный из твердого дерева	45
„ свежевырытая	6,0	„ каменный	11,5—13,9
„ сухая	5,6	Шлаки и коксовая зола	10,7
Гравий речной мокрый	3,5—4,0		
сухой	3,7—4,3		

2. ИСПЫТАНИЕ МАТЕРИАЛОВ.

Наука об испытании физических свойств материалов получала широкое развитие — в особенности за последние годы — как в отношении разработки методов испытаний, так и конструкций применяемых для испытания *машин и приборов. Ни один из* крупных заводов не может в настоящее время обойтись без специальной аппаратуры, позволяющей контролировать поступающее на завод сырье, отбирать годное и наблюдать за материалом в процессе его обработки. Поэтому знание свойств *материалов и понимание отдельных характерных для этих свойств* величин является необходимым для каждого техника.

1. Испытание механических свойств.

Испытание на растяжение является наиболее разработанным; оно дает величины, достаточные для суждения о пригодности материала для огромного большинства встречающихся на практике случаев — при закупке материалов, обработке последних и при конструировании. Бруски для испытания — обычно круглого сечения (хотя иногда применяются и прямоугольного), диаметром 20 *мм*, длиною, измеряемой при испытании: $l = 10\ d$ (длинные бруски) или $l = 5\ d$ (короткие бруски) с полной длиной не менее $l_1 = l + d$.

Для нормального бруска с $l = 10\ d$ площадь поперечного сечения F может быть найдена по *формуле:* $F = \frac{l^2}{11{,}3^2}$. *Сравнимые результаты при* испытывании на разрыв получаются лишь при образцах с геометрически подобными размерами.

Ниже в таблице приведены размеры брусков, предложенные в Германии в виде проекта DIN. В Англии чаще всего применяют длину образца (измеряемую при испытании) $l = 2^r = 4\sqrt{F}$.

Название	Длина бруска l_1 мм	Измеряемая длина l мм	Диаметр d мм	Площадь сечения F мм²	Обозначение удлинения разорванного бруска
Длинный Нормальн.		200	20	314	δ_{10}
Короткий брусок		100			δ_5
Длинный Пропорциональный	$> l + d$	$11{,}3\sqrt{F}$	любой	любая	δ_{10}
Короткий брусок		$5{,}65\sqrt{F}$			δ_5
Длинный брусок		200	любой	любая	δ_1
Короткий брусок		100			δ_k

На рис. 20 изображен нормальный круглый образец, [1]) на рис. 21 — плоский образец, для испытания на разрыв.

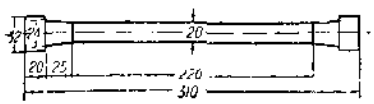


Рис. 20.

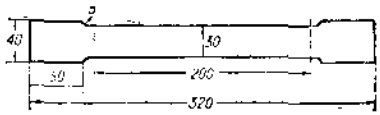


Рис. 21.

На рис. 22 изображена диаграмма, показывающая зависимость между относительным удлинением и напряжениями, возникающими в бруске при растяжении. Эта же диаграмма дает представление об относительной величине напряжений, перечисленных ниже в таблице. Пунктирная линия диаграммы относится к действительному напряжению в материале испытуемого бруска, вычисленному путем деления растягивающей брусок силы на действительное сечение в каждый данный момент (потому что при растяжении брусок делается тоньше — наступает поперечное сжатие).

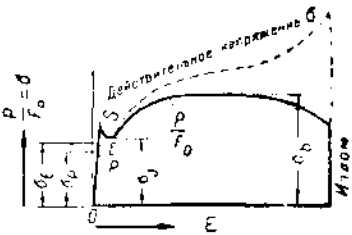


Рис. 22.

При испытании на растяжение приходится иметь дело с величинами, перечисленными ниже в таблице.

В этой таблице не упомянуто допускаемое напряжение на растяжение R_p; выбор величин R_p производится в зависимости от σ_b, σ_s или σ_w и принятого запаса прочности (подробно об этом см. стр. 203).

[1]) В СССР кроме такого бруска очень часто применяется также брусок $d = 10$ мм и $l = 100$ мм.

Характерные величины для растягивающих напряжений.

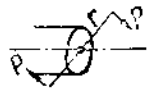
Определение	Обозначение и зависимость
Нормальное напряжение — напряжение при растяжении, отнесенное к единице первоначального сечения бруса; выражается в *кг/см²*.	$\sigma = \frac{P}{F_0}$
Относительное удлинение при растяжении понимается как отношение приращения длины (Δl) при заданном напряжении к первоначальной длине (l_0). На диаграмме (рис. 22) ε отложено по оси абсцисс. *Выражение* $\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$ *называется законом Гука.*	$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$
Относительное остаточное удлинение разорванного бруска — величина, которой обычно определяют удлинение разорванного бруска (Δl_0), выраженное в процентах от первоначальной длины (l_0).	$\delta = \frac{\Delta l_0}{l_0} \cdot 100\%$
Коэфициент удлинения — приращение единицы длины на 1 *кг* нормального напряжения. Таким образом, если задана величина σ, то, зная коэфициент удлинения, можно вычислить получающееся при заданном σ относительное удлинение. Величина α может быть вычислена таким образом по величине E.	$\alpha = \frac{\varepsilon}{\sigma} = \frac{1}{E}$
Модуль упругости — характеризующее упругость материала условное (немыслимое в действительности) напряжение, которое следовало бы дать материалу, чтобы длина его удвоилась (т. е. чтобы $\Delta l = l_0$). При этом предполагается, что удлинение будет возрастать пропорционально возрастанию напряжения и что сечение образца во время удлинения изменяется незначительно. Величина E обратна коэфициенту удлинения и является коэфициентом пропорциональности между напряжением и относительным удлинением. E для чугуна 4800—11400 *кг/мм²* " " железа 20000—21500 *кг/мм²* " " стали 22000 *кг/мм²* " " алюминия 7200 *кг/мм²* " " меди до 12300 *кг/мм²* " " цинка 13000 *кг/мм²*	$E = \frac{1}{\alpha} = \frac{\sigma}{\varepsilon}$
Поперечное сжатие при растяжении понимается как отношение уменьшения линейного размера сечения образца (d') к первоначальному размеру до растяжения (d).	$\varepsilon_q = \frac{d'}{d}$

Определение	Обозначение и зависимость
Относительное уменьшение сечения при разрыве определяет уменьшение площади сечения образца (ΔF_0) после разрыва, выраженное в процентах от первоначальной площади (F).	$\psi = \frac{\Delta F_0}{F_0} 100\%$
Коэфициент Пуассона определяет, по сколько раз поперечное сжатие больше относительного удлинения; он задается отношением поперечного сжатия к относительному удлинению. μ для алюминия — 0,34 " " железа — 0,28 " " стали — 0,29 " " меди — 0,34 " " бронзы — 0,36	$\mu = \frac{q}{\varepsilon}$
Предел пропорциональности — то предельное напряжение, до которого сохраняется пропорциональность между удлинениями и напряжениями, т. е. до которого α остается постоянным. Практически σ_p — такое напряжение, при котором удлинение отличается на 1% от удлинения при малых напряжениях. По „Единым нормам строительного проектирования" за *1931 г. принято для стали* $\sigma_p = 0{,}9\,\sigma_s$	σ_p
Предел упругости — то предельное напряжение, при котором остающееся удлинение приблизительно или точно еще равно 0. Международный конгресс по испытанию материалов *в 1906 г. предложил считать* σ_e *таким напряжением*, при котором остающееся удлинение = 0,001% измеряемой длины. В СССР ПТКАУ считал при σ_e остаточное удлинение в 0,005% от измеряемой длины.	σ_e
Предел текучести — напряжение, при котором без дальнейшего увеличения нагрузки происходит течение материала, т. е. резкое нарастание удлинения. Для материалов, у которых нет резко выраженного σ_s, за таковое принимают напряжение, при котором остаточное удлинение составляет 0,2% измеряемой длины бруска. Для углеродистой стали *можно приближенно* принимать, что $\sigma_s = 0{,}55 - 0{,}60\,\sigma_b$	σ_s
Временное сопротивление разрыву — напряжение материала, при котором наступает разрыв.	σ_b

Характерные величины для сдвигающих напряжений.

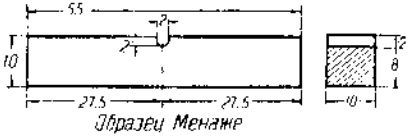
Определение	Обозначение и зависимость
Относительный сдвиг вызывается сдвигающими напряжениями τ, возникающими попарно во взаимно-перпендикулярных сечениях.	$\gamma = \frac{\tau}{G}$
Сдвигающее напряжение (*кг/см²*) — напряжение при сдвиге, отнесенное к единице сечения бруска.	$\tau = \frac{P}{F}$
Коэфициент сдвига $= \frac{\text{сдвиг}}{\text{сдвигающ. напряжение}} =$ = пути в *см*, на который под влиянием напряжения $\tau = 1$ *кг/см²* перемещаются два взаимно-параллельные плоские элемента, удаленные друг от друга на 1 *см*. Для стали $\beta = 2{,}6\,\alpha$	$\beta = \frac{\gamma}{\tau} = \frac{1}{G}$
Модуль сдвига — величина обратная β; представляет собою коэфициент пропорциональности между сдвигающим напряжением и относительным сдвигом. G для чугуна $= 2900-4000$ *кг/мм²* " " железа $= 7700-8300$ *кг/мм²* " " стали $= 8500$ *кг/мм²* " " меди $= 4240$ *кг/мм²* " " алюминия $= 2700$ *кг/мм²* Для стали $G = 0{,}38\ E$	$G = \frac{1}{\beta}$, $G = \frac{\tau}{\gamma}$ $G = \frac{E}{2(1+\mu)}$ (величина μ см. стр. 165)
Допустимое напряжение на сдвиг стоит в зависимости от допустимого напряжения на разрыв, однако зависимость эта различна для разных материалов. Эта же зависимость остается в силе и для определения временного сопротивления сдвигу относительно временного сопротивления разрыву. Для железа и стали $R_s = 0{,}75-0{,}8\ R_z$ Для чугуна $R_s = 1{,}0-1{,}17\ R_z$ Для фосфористой бронзы $R_s = 0{,}4\ R_z$ Для дуралюминия $R_s = 0{,}67\ R_z$	R_s

Характерные величины для скручивающих напряжений.

Крутящий момент	$M_{кр}$	$M_{кр} = P \cdot r$ $M_{кр} \leq W_{кр} \cdot R_{кр}$
Угол закручивания. Пользуясь выражением (1) для φ, можно определить, зная остальные величины, модуль скольжения G. Пользуясь выражением (2) можно определить угол закручивания φ, зная передаваемую валом мощность N (в ЛС), длину его l в *см*, число оборотов в минуту n и диаметр d в *см*; точно также, измерив угол φ, можно *определить передаваемую* **валом** мощность.	φ	 $\varphi = \frac{M_{кр} \cdot l}{G \cdot I_p}$ (1) $\varphi = \frac{N \cdot 716200 \cdot l}{n \cdot G \cdot d^4}$ (2)
Полярный момент инерции — сумма произведений элементарных площадок (dF) на квадрат их расстояний (ρ) до заданного центра.	J_p	$J_p = \int_F dF \cdot \rho^2$ Для круглого сечения: $J_p = \frac{\pi d^4}{32} = 0{,}1\, d^4$
Момент сопротивления кручению — полярный момент инерции, деленный на расстояние наиболее удаленных от оси кручения элементов площади бруска. Зная $M_{кр}$ и $W_{кр}$, пользуясь выражением (2), можно найти напряжение на кручение, с которым работает вал.	$W_{кр}$	$W_{кр} = \frac{I_p}{r}$ (1) $W_{кр} \geq \frac{M_{кр}}{R_{кр}}$ (2) Для круглого сечения: $W_{кр} = \frac{\pi d^3}{16}$
Допускаемое напряжение при кручении можно брать из таблицы Баха, стр. 205. При расчете приводных валов, если не учитывается напряжение от изгиба (тяжестью шкивов, натяжением ремней) $R_{кр}$ принимается в 120 *кг/см*². В некоторых случаях, при легких деревянных или железных шкивах и расположении их близко к подшипникам, $R_{кр}$ можно принимать до 240—400 *кг/см*².	$R_{кр}$	$R_{кр} \geq \frac{M_{кр}}{W_{кр}}$ Для круглого сечения (валов) $R_{кр} \geq \frac{16 \cdot M_{кр}}{\pi \cdot d^3}$ Допустимое напряжение на кручение составляет приблизительно 0,6 R_z
Временное сопротивление кручению.	$\sigma_{кр}$	Приближенно $\sigma_{кр} = \frac{M_{кр\ max}}{W_{кр}}$

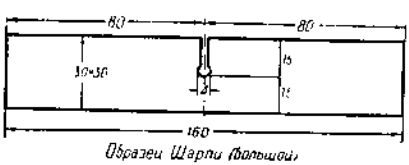
Испытание на сжатие (проба на осадку), в противоположность испытанию на разрыв, служащему для испытания и тех материалов, которые при работе не подвергаются разрывающим напряжениям, характеризует лишь сопротивление материала сжатию, если испытание производится при медленном нарастании давления. При быстром нарастании давления, т. е. при ударе, это испытание дает представление о ковкости материала.

Испытание ударного сопротивления [1]) (при помощи излома стержней с надрезом ударом), получившее широкое распространение, применяется для тех материалов, из которых изготовляются детали, имеющие выточки, острые углы и подвергающиеся ударам. Это испытание вследствие различного влияния температуры, формы бруска, надреза и скорости удара не дает однородных результатов.



Образец Менаже

Рис 23.



Образец Шарпи (большой)

Рис. 24.

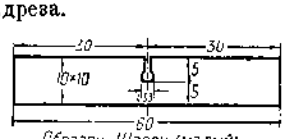
Форма применяемых для испытания брусков разнообразна. Во Франции и в СССР наиболее употребительна форма Менаже (рис. 23). [2])

Германская ассоциация испытания материалов в 1907 г. рекомендовала применять образец Шарпи (большой — рис. 24). [3])

В 1909 году Международная ассоциация испытания материалов предложила подобный по форме меньший образец (рис. 25), который также применяется в СССР. [4])

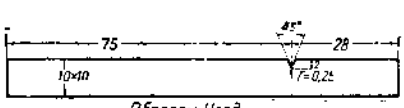
В Англии, а также частично в Германии, применяются образцы Изод (рис. 26).

Все надрезы нужно изготовлять фрезерованием или сверлением; следует избегать на сторонах надреза штрихов, параллельных образующим надреза.



Образец Шарпи (малый)

Рис. 25.



Образец Изод

Рис. 26.

На рис. 27 изображен копер Шарпи. Брусок зажимается в прибор; маятниковый рычаг, масса которого точно измерена, отпускается из своего верхнего положения, ударяет по закрепленному бруску, производит излом и проходит еще некоторый участок пути, поднимаясь по

---

[1]) Резильянс (от франц. корня).

[2]) В СССР в авто- и тракторостроении наиболее часто применяют аналогичный изображенному на рис. 23 брусок длиною 60 *мм* при расстоянии между опорами в 40 *мм*.

[3]) Новейшее предложение (1931 г.) Deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik заключается в применении маленького универсального бруска 10×10 · 55 *мм* с надрезом, глубиною 3 *мм*, с радиусом 1 *мм*; это предложение допускает для очень мягкой стали острый надрез глубиной 3 *мм* под углом 45° с закруглением 0,5 *мм*.

[4]) Майлендер и Фишер нашли следующую связь между ρ по Менаже ($\rho_м$) и ρ по Шарпи ($\rho_ш$): $\rho_м = 0{,}65\ (\rho_ш + 4)$ — для углеродистой и никелевой стали, и $\rho_м = 0{,}55\ (\rho_ш + 6)$ — для хромоникелевой стали.

дуге круга вверх. Наибольший угол подъема при этом перемещении автоматически отмечается на шкале и дает характеристику материала. Изображенная на рис. 28 (копер Изод) конструкция пригодна для получения удара в 40 *кгм*.

Результат испытания выражается в килограммометрах и представляет собою работу удара, отнесенную к 1 *см*² сечения бруска с надрезом.

Если вес маятника копра обозначить через G, высоту относительно испытуемого образца, с которой падает маятник, через h_1, а высоту, на которую он

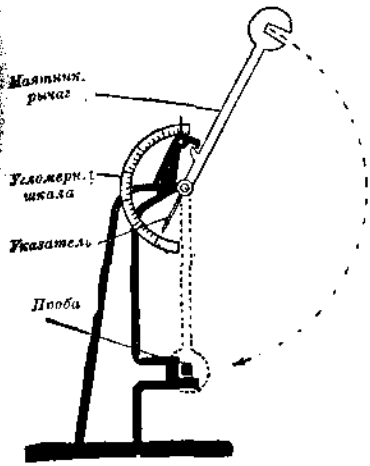


Рис. 27.

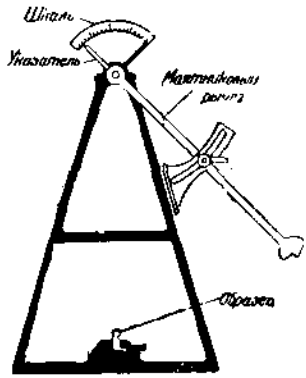


Рис. 28.

поднялся после излома бруска, через h_2, то ударная работа A, приходящаяся на 1 *см*² сечения площадью F бруска, может быть определена по формуле:

$$A = \frac{G(h_1 - h_2)}{F}.$$

Испытание сопротивления усталости. Пределом усталости называют наибольшее напряжение, которое материал выдерживает без излома при продолжительном действии нагрузки, меняющейся между определенными — верхним и нижним — пределами (в частном случае нагрузка по величине и направлению может оставаться постоянной, но ее действие должно быть продолжительным). Это испытание введено вследствие того, что детали машин, находящиеся под действием переменной нагрузки, иногда ломаются, хотя наибольшие возникающие в них напряжения и были меньше предела текучести, определенного испытанием при кратковременном действии нагрузки. Как показывает опыт, этот излом начинается в месте, подверженном наибольшему напряжению, и постепенно распространяется по сечению детали, не сопровождаясь изменением структуры. Такие испытания производятся при продолжительном действии постоянной или меняющейся по величине и направлению силы. На рис. 29 изображен прибор для

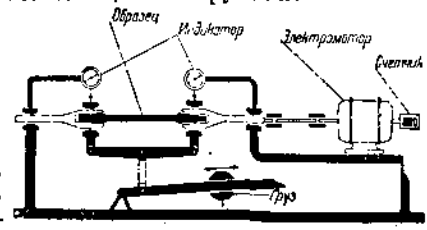


Рис. 29.

продолжительного испытания образца при помощи изменяющихся по знаку изгибающих образец усилий (прибор Шенка). Напряжения от переменного изгиба могут быть вычислены путем деления момента сопротивления образца на изгибающий момент.

Помимо испытания предела усталости при постоянных или переменных, но быстро нарастающих нагрузках, довольно широко применяется испытание предела усталости при ударной нагрузке, повторяющейся через равные промежутки времени. На рис. 30 изображен прибор для такого испытания. В промежутки между ударами испытуемый брусок поворачивается на 180° или на любой другой угол при помощи эксцентрика; счетчик оборотов регистрирует число ударов. Мерой предела усталости в этом случае служит наибольшая энергия удара, отнесенная к единице сечения бруска, которую брусок выдерживает произвольно долгое время без излома.

В настоящее время пределом усталости обычно считают такое напряжение, которое выдерживает испытуемый брусок при изменении величины нагрузки 10 млн. раз. Следует однако заметить, что это количество изменений нагрузки, которое для стали в настоящее время почти можно считать стандартным,—для цветных, в особенности же для легких металлов, еще не является достаточно показательным, так как у цветных металлов излом происходит в некоторых случаях и после 70—80 и до 100 и выше миллионов изменений направления действия нагрузки.

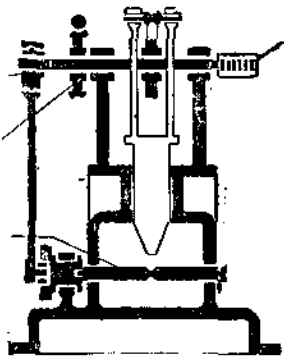


Рис. 30.

Испытание сопротивления усталости σ_w в настоящее время определяют большей частью при продолжительном действии переменных (от $-P$ до $+P$) изгибающих усилий. Испытания переменной нагрузкой на растяжение, сжатие и на скручивание дают меньшие величины σ_w. Если предел усталости σ_w при изгибе принять равным 1, то, руководствуясь произведенными до настоящего времени опытами, предел усталости для растяжения и сжатия $= 0{,}8 - 0{,}9\ \sigma_w$, для скручивания $= 0{,}57^5\ \sigma_w$,[1]) для среза $= 0{,}8\ \sigma_w$.

В виду трудности и продолжительности определения σ_w имеются попытки вычислять σ_w в зависимости от разрывающего усилия σ_b, предела пропорциональности σ_p и предела текучести σ_s (погрешность при этом однако в некоторых случаях достигает $\pm 20\%$). Довольно достоверной для этой цели является формула:[2])

$$\sigma_w = 0{,}25\ (\sigma_s + \sigma_b) + 5.$$

Несколько менее точные результаты дает формула:[3])

$$\sigma_w = 0{,}285\ (\sigma_s + \sigma_b).$$

[1]) По Ludwik'у.
[2]) Составлена Houdremont и Malländer.
[3]) Составлена Stribeck.

Иногда пользуются также (с точностью $\pm 25\%$) зависимостью $\sigma_w = 0{,}18\ H_B\ (3000/10)$. Вообще для стали σ_w лежит между $0{,}42-0{,}65\ \sigma_b$.

Упомянутая выше величина предела усталости σ_w относится к усилиям, переменным как по величине, так и по знаку ($-P$, 0, $+P$). В случае действия усилий, изменяющихся между 0 и P (т. е. без перемены знака усилия), предел усталости повышается; предел усталости такого рода обозначен в дальнейшем σ_y и назван пределом усталости второго рода. Приближенно можно принять, что $\sigma_y = 1{,}4-1{,}5\ \sigma_w$.

На сопротивление усталости имеет сильное влияние качество поверхности, надрезы и насечки, которые значительно понижают сопротивление усталости, а также на величину σ_w влияет ржавление поверхности. Поэтому при конструировании и изготовлении особенно ответственных в отношении напряжения деталей следует обращать внимание на чистоту поверхности (в некоторых случаях следует специально шлифовать и полировать поверхность, чтобы повысить сопротивление уста-

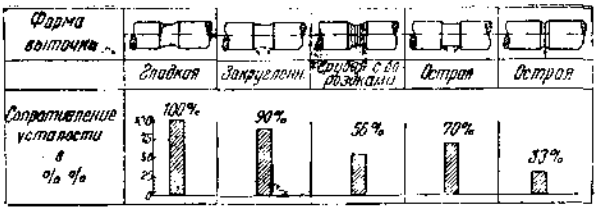


Рис. 31.

лости), и на закругления с возможно большим радиусом в местах перехода с одного диаметра к другому, а также учитывать, будет ли деталь ржаветь во время работы. Судя по опытам Гудремона, сопротивление усталости σ_w брусков из углеродистой стали с плохой, поврежденной поверхностью может понизиться до 0,30—0,40 сопротивления усталости брусков из той же стали с полированной поверхностью. Для углеродистой стали, улучшенной тепловой обработкой, σ_w может снизиться до $0{,}50-0{,}60\ \sigma_w'$ (где σ_w' — сопротивление усталости при полированной поверхности).

Влияние формы насечек и выточек на сопротивление усталости выражено на рис. 31, где для бруска с гладкой выточкой сопротивление усталости принято за 100%, для других же форм выточек σ_w выражено в долях от 100.

Снижение сопротивления усталости вследствие ржавления.

Металл	Сопротивление разрыву σ_b кг/мм²	Предел текучести σ_s кг/мм²	Удлинение δ%	Поперечное сжатие ψ %	Сопротивление усталости в кг/мм² без ржавления	Сопротивление усталости в кг/мм² при ржавлении	Уменьшение σ_w от ржавления %
Углерод. сталь (St—37)	40	24	22	69	± 24	± 15	37
То же омедненная	36	25	29	75	± 22	± 17	23
Углерод. сталь (St—48)	49	27	25	55	± 26	± 17	35
То же омедненная	55	22	22	44	± 26	± 19	27

Влияние химического воздействия (ржавления) на подвергаемые переменным изгибающим усилиям бруски можно обнаружить по приведенной выше таблице,[1]) где одна из цифр сопротивления усталости измерена у брусков, смазанных жиром без содержания кислот, другая цифра для σ_w измерена для брусков, поливаемого во время испытания водопроводной водой. Как видно из таблицы, при окислении поверхности σ_w снижается до 37%, что, конечно, нужно учитывать при расчете конструкций.

2. Испытание твердости.

Величины, полученные при помощи обычных способов испытания твердости материалов, находятся в очень сложной зависимости от физических свойств материалов. При сравнительной же оценке технических свойств материала величины „твердости" часто являются незаменимыми. В опытных руках испытание твердости представляет собою дешевую и ценную помощь для производства, например при контроле качества и равномерности тепловой обработки, при сортировке или приемке материалов и пр. С помощью эмпирических формул можно с достаточной для практических целей точностью судить по величине твердости другого рода и о сопротивлении разрыву срезу, даже (довольно грубо) о пределе усталости и пр.

Наиболее распространенные способы испытания твердости, применяемые на заводах, можно разделить на две группы: а) испытание медленно нарастающей (статической) нагрузкой (твердость по Бринелю, по Роквеллу и по Виккерсу) или б) испытание динамически действующей силой (твердость по Шору).

Твердость по Бринеллю [2]) определяется на прессе Бринелля (рис. 32). Нагрузка (гири) поддерживает в цилиндре с маслом постоянное давление. Манометр служит только для указания нагрузки, регулируемой грузами. Нагрузка через масло и рабочий поршень передается шарику из закаленной стали диаметром D (рис. 33), который вдавливается в испытываемый материал силою P, превышающей предел упругости материала, в результате чего в испытуемом теле образуется углубление в виде шарового сегмента.

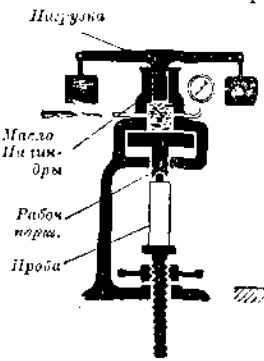


Рис. 32.

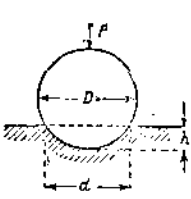


Рис. 33.

Если F наружная поверхность сегмента, то твердость выражается числом $H_B = \frac{P}{F}$. Величина F может быть вычислена по глубине вдавливания h или по диаметру сегмента d (стр. 175—178). Поверхность

$$F = \pi Dh = \frac{\pi D}{2}(D - \sqrt{D^2 - d^2}).$$

Вместо F можно для определения твердости также пользоваться проекцией поверхности шарового сегмента $F_1 = \frac{d^2\pi}{4}$. В приведенных ниже таблицах указаны значения H_B $\frac{P}{F}$ в зависимости от диаметра шарового

[1]) По данным Schulz'a и Buchholtz'a.
[2]) Способ предложен в 1900 году шведом Ж. Бринеллем.

сегмента d для давлений $P = 3000$, 1000 и 250 *кг* и для $D = 10$, 5 и 2,5 *мм*. Таким образом для определения твердости по Бринеллю необходимо только измерить диаметр отпечатка шарика на испытуемом материале и по таблице определить твердость в зависимости от этого диаметра отпечатка.

Необходимо отметить, однако, что более верным способом является *измерение глубины отпечатка*[1] *(не его диаметра), так как лишь при измерении* глубины отпечатка удается получить цифры твердости H_B, согласующиеся друг с другом при применении различных нагрузок P (при измерении диаметра отпечатка полного согласования не получается — именно, при применении малых нагрузок получаются преуменьшенные показания твердости, если сравнивать их с показаниями твердости при больших нагрузках.

Для толщины образца, диаметра шарика и величины нагрузки можно пользоваться следующими данными, выработанными DIN:

Таблица нагрузок для пресса Бринелля.

Толщина образца *мм*	Диаметр шарика D *мм*	Нагрузка P *кг*		
		$30\ D^2$ для чугуна и стали	$10\ D^2$ для тяжелых метал., латуни, бронзы и пр.	$2{,}5\ D^2$ для более мягких материалов
Выше 6	10	3000	1000	250
От 6 до 3 . . .	5	750	250	62,5
До 3	2,2	187,5	62,5	15,6

В таблице на стр. 175—178 указана твердость материалов по Бринеллю в зависимости от диаметра отпечатка d, причем d_{10}, d_5 и $d_{2,5}$ обозначают диаметры отпечатков соответственно диаметрам шариков в 10, 5 и 2,5 *мм*. В первой графе таблицы следует найти диаметр отпечатка, если шарик ∅ 10 *мм*; если шарик ∅ 5 *мм*, то следует диаметр полученного отпечатка удвоить и произведение найти в первой графе; для шарика ∅ 2,5 *мм* диаметр полученного отпечатка следует умножить на 4 и уже по этому числу найти твердость. Число твердости находится в той графе, *над которой стоит соответственное выражение для нагрузки в зависимости от диаметра шарика* (см. выше таблицу нагрузок по DIN).

Пример. При испытании с нагрузкой в 250 *кг* шариком ∅ 5 *мм* получился отпечаток ∅ 1,85 *мм*. Во втором столбце таблицы на стр. 176 находим, что твердость этого материала равно 89,7 *кг/мм²* (для диаметра отпечатка $2 \cdot d_5 = 3{,}7$ *мм* и нагрузки $10\ D^2 = 10 \cdot 5^2 = 250$ *кг*).

Условия испытаний твердости по Бринеллю. Диаметр шарика и давление должны соответствовать испытываемому образцу. Если на поверхности образца после испытания давлением заметны искажения ее формы на том участке, который не соприкасался с шариком, то это служит признаком, что диаметр шарика и давление были взяты слишком большими для данных размеров образца. Поверхность образца на испытуемом участке должна быть тем чище приготовлена, чем больше его твердость. *Нужно удалить окалину и грат, а также и обезуглероженный* поверхностный слой, если такой имеется.

[1] Devries, Am. Soc. Test. Mat., т. XI

Для определения твердости цементированных поверхностей пригодны шарики ○ 2,5 *мм* и 5 *мм*, при нагрузке соответственно в 187,5 и 750 *кг* (в случае, если толщина цементированного слоя больше 1 *мм*). Направление усилия должно быть нормально к испытуемой поверхности. Нагрузка, в особенности при шариках малых диаметров, должна равномерно нарастать, без удара, чтобы на результате не сказалось влияние динамических усилий. Как правило, нагрузка должна нарастать без толчков в течение 15 сек. от нуля до конечного усилия. Продолжительность приложения нагрузки должна быть, как правило, в течение 30 сек. Для стали с $H_B \geqq 140$ *кг/мм*² достаточно 10 сек. H_B обозначает твердость по Бринеллю. Для получения средне-арифметической величины измерение диаметра отпечатка для большей точности желательно производить в двух взаимно перпендикулярных направлениях; в особенности это необходимо при некруглых отпечатках. Отсчеты, производимые при помощи специального микроскопа к прессу Бринелля или лупы Ле-Шателье, должны быть сделаны с точностью до 0,01 *мм*. Значение твердости должно быть найдено путем измерения по меньшей мер двух отпечатков на данном образце. При обозначении твердости желательно давать представление о диаметре шарика, нагрузке и продолжительности ее действия, например: H_B 5/750/30 = 114. Твердость по Бринеллю H_B 10/3000/30 считается нормальной (в данном случае диаметр шарика равен 10 *мм*, давление 3000 *кг* и продолжительность приложения нагрузки — 30 сек.).

Испытание шариков к прессу Бринелля производится прижиманием друг к другу двух шариков одинакового диаметра с силой $P = 5\,D^2$, где D — диаметр шарика. В этом случае твердостью шарика можно считать среднее давление по поверхности диаметром d соприкосновения шариков, т. е. $\frac{4P}{\pi d^2}$. Твердость пригодных шариков должна быть не меньше 630 *кг/мм*². [1]) В Америке годными считаются лишь такие шарики, которые при нагрузке в 3000 *кг*, опираясь на материал с $H_B \geqq 500$ *кг/мм*², не изменяют своих размеров больше 0,0025 *мм* (обнаруживается измерением шарика после снятия его с пресса). Шарики диаметром 10 *мм* должны быть изготовлены с точностью $\pm 0{,}01$ *мм*, причем разница диаметров, измеренных в любых направлениях, не должна превышать $\pm 0{,}0025$ *мм*. [2])

Твердость по Бринеллю и сопротивление разрыву стоят в тесной связи. Так как испытание твердости по Бринеллю сравнительно легко выполнимо и не связано со значительной порчей испытуемого материала, им часто пользуются вместо испытания на разрыв.

Для стали (при $H_B > 175$) временное сопротивление разрыву равно твердости по Бринеллю, умноженной на 0,345; для стали с $H_B < 175$ *кг/мм*² $\sigma_b = 0{,}362\ H_B$.[3]) Для никелевой и хромоникелевой стали $\sigma_b = (0{,}35 - 0{,}34)\ H_B$. Для дуралюминия $\sigma_b = 0{,}35\ H_B$. Можно считать установленным, что коэфициент перехода от H_B к σ_b для твердых специальных сортов стали тем меньше, чем больше твердость этих сортов стали. Погрешность такого определения σ_b в зависимости от H_B можно считать $\pm 10\%$.

---

[1]) Судя по опытам Mayländer (St. u. Eisen, 1925) твердость шарика должна быть больше твердости испытуемого образца во всяком случае в 1,7 раза, иначе деформация шарика при испытании исказит результат испытания.

[2]) См. A. S. T. M. Designation E 10—27.

[3]) При вдавливании шарика перпендикулярно направлению волокон; при вдавливании вдоль волокон коэфициент меньше (соответственно 0,354 и 0,324 — по данным Grard).

Твердость по Бринеллю.

Диаметр отпечатка d_{10} или $2 \cdot d_5$ или $4 \cdot d_{2,5}$	Твердость по Бринеллю для P в кг			Диаметр отпечатка d_{10} или $2 \cdot d_5$ или $4 \cdot d_{2,5}$	Твердость по Бринеллю для P в кг			Диаметр отпечатка d_{10} или $2 \cdot d_5$ или $4 \cdot d_{2,5}$	Твердость по Бринеллю для P в кг			Диаметр отпечатка d_{10} или $2 \cdot d_5$ или $4 \cdot d_{2,5}$	Твердость по Бринеллю для P в кг			Диаметр отпечатка d_{10} или $2 \cdot d_5$ или $4 \cdot d_{2,5}$	Твердость по Бринеллю для P в кг		
	$30\,D^2$	$10\,D^2$	$2{,}5\,D^2$		$30\,D^2$	$10\,D^2$	$2{,}5\,D^2$		$30\,D^2$	$10\,D^2$	$2{,}5\,D^2$		$30\,D^2$	$10\,D^2$	$2{,}5\,D^2$		$30\,D^2$	$10\,D^2$	$2{,}5\,D^2$
2,00	946	315	78,8	2,25	745	248	62,1	2,50	601	200	50,1	2,75	495	165	41,3	3,00	415	138	34,6
2,01	936	312	78,0	2,26	738	246	61,5	2,51	597	199	49,7	2,76	492	164	41,0	3,01	412	137	34,3
2,02	926	309	77,2	2,27	732	244	61,0	2,52	592	197	49,3	2,77	488	163	40,7	3,02	409	136	34,1
2,03	917	306	76,4	2,28	725	242	60,4	2,53	587	196	48,9	2,78	485	162	40,4	3,03	406	135	33,9
2,04	908	303	75,7	2,29	719	240	59,9	2,54	582	194	48,5	2,79	481	160	40,1	3,04	404	135	33,7
2,05	899	300	74,9	2,30	712	237	59,3	2,55	578	193	48,2	2,80	477	159	39,8	3,05	401	134	33,4
2,06	890	297	74,2	2,31	706	235	58,8	2,56	573	191	47,8	2,81	474	158	39,5	3,06	398	133	33,2
2,07	882	294	73,5	2,32	700	233	58,3	2,57	569	190	47,4	2,82	470	157	39,2	3,07	395	132	33,0
2,08	873	291	72,8	2,33	694	231	57,8	2,58	564	188	47,0	2,83	467	156	38,9	3,08	393	131	32,7
2,09	865	288	72,1	2,34	688	229	57,3	2,59	560	187	46,7	2,84	464	155	38,7	3,09	390	130	32,5
2,10	856	285	71,4	2,35	682	227	56,8	2,60	555	185	46,3	2,85	461	154	38,4	3,10	388	129	32,3
2,11	848	283	70,7	2,36	676	225	56,3	2,61	551	184	45,9	2,86	457	152	38,1	3,11	385	128	32,1
2,12	840	280	70,0	2,37	670	223	55,8	2,62	547	182	45,6	2,87	454	151	37,8	3,12	383	128	31,9
2,13	832	277	69,4	2,38	665	222	55,4	2,63	542	181	45,2	2,88	451	150	37,6	3,13	380	127	31,7
2,14	824	275	68,7	2,39	659	220	54,9	2,64	538	179	44,9	2,89	448	149	37,3	3,14	378	126	31,5
2,15	817	272	68,1	2,40	653	218	54,4	2,65	534	178	44,5	2,90	444	148	37,0	3,15	375	125	31,3
2,16	809	270	67,4	2,41	648	216	54,0	2,66	530	177	44,2	2,91	441	147	36,8	3,16	373	124	31,1
2,17	802	267	66,8	2,42	643	214	53,5	2,67	526	175	43,8	2,92	438	146	36,5	3,17	371	123	30,9
2,18	794	265	66,2	2,43	637	212	53,1	2,68	522	174	43,5	2,93	435	145	36,2	3,18	368	123	30,7
2,19	787	262	65,6	2,44	632	211	52,7	2,69	518	173	43,2	2,94	432	144	36,0	3,19	366	122	30,5
2,20	780	260	65,0	2,45	627	209	52,2	2,70	514	171	42,9	2,95	429	143	35,8	3,20	363	121	30,2
2,21	772	257	64,4	2,46	621	207	51,8	2,71	510	170	42,5	2,96	426	142	35,5	3,21	361	120	30,1
2,22	765	255	63,8	2,47	616	205	51,3	2,72	507	169	42,2	2,97	423	141	35,3	3,22	359	120	29,9
2,23	758	253	63,2	2,48	611	204	50,9	2,73	503	168	41,9	2,98	420	140	35,0	3,23	356	119	29,7
2,24	752	251	62,6	2,49	606	202	50,5	2,74	499	166	41,6	2,99	417	139	34,8	3,24	354	118	29,5

Твердость по Бринеллю.

Продолжение

Диаметр отпечатка d_{10} или $2 \cdot d_5$ или $4 \cdot d_{2,5}$	Твердость по Бринеллю для P в кг			Диаметр отпечатка d_{10} или $2 \cdot d_5$ или $4 \cdot d_{2,5}$	Твердость по Бринеллю для P в кг			Диаметр отпечатка d_{10} или $2 \cdot d_5$ или $4 \cdot d_{2,5}$	Твердость по Бринеллю для P в кг			Диаметр отпечатка d_{10} или $2 \cdot d_5$ или $4 \cdot d_{2,5}$	Твердость по Бринеллю для P в кг			Диаметр отпечатка d_{10} или $2 \cdot d_5$ или $4 \cdot d_{2,5}$	Твердость по Бринеллю для P в кг		
	$30\ D^2$	$10\ D^2$	$2,5\ D^2$		$30\ D^2$	$10\ D^2$	$2,5\ D^2$		$30\ D^2$	$10\ D^2$	$2,5\ D^2$		$30\ D^2$	$10\ D^2$	$2,5\ D^2$		$30\ D^2$	$10\ D^2$	$2,5\ D^2$
3,25	352	117	29,3	3,50	302	101	25,2	3,75	262	87,2	21,8	4,00	229	76,3	19,1	4,25	201	67,1	16,8
3,26	350	117	29,2	3,51	300	100	25,0	3,76	260	86,8	21,7	4,01	228	75,9	19,0	4,26	200	66,8	16,7
3,27	347	116	29,0	3,52	298	99,5	24,9	3,77	259	86,3	21,6	4,02	226	75,5	18,9	4,27	199	66,5	16,6
3,28	345	115	28,8	3,53	297	98,9	24,7	3,78	257	85,8	21,5	4,03	225	75,1	18,8	4,28	198	66,2	16,5
3,29	343	114	28,6	3,54	295	98,3	24,6	3,79	256	85,3	21,3	4,04	224	74,7	18,7	4,29	198	65,8	16,5
3,30	341	114	28,4	3,55	293	97,7	24,5	3,80	255	84,9	21,2	4,05	223	74,3	18,6	4,30	197	65,5	16,4
3,31	339	113	28,2	3,56	292	97,2	24,3	3,81	253	84,4	21,1	4,06	222	73,9	18,5	4,31	196	65,2	16,3
3,32	337	112	28,1	3,57	290	96,6	24,2	3,82	252	84,0	21,0	4,07	221	73,5	18,4	4,32	195	64,9	16,2
3,33	335	112	27,9	3,58	288	96,1	24,0	3,83	250	83,5	20,9	4,08	219	73,2	18,3	4,33	194	64,5	16,1
3,34	333	111	27,7	3,59	286	95,5	23,9	3,84	249	83,0	20,8	4,09	218	72,8	18,2	4,34	193	64,2	16,1
3,35	331	110	27,6	3,60	285	94,9	23,7	3,85	248	82,6	20,7	4,10	217	72,4	18,1	4,35	192	63,9	16,0
3,36	329	110	27,4	3,61	283	94,4	23,6	3,86	246	82,1	20,5	4,11	216	72,0	18,0	4,36	191	63,6	15,9
3,37	326	109	27,2	3,62	282	93,9	23,5	3,87	245	81,7	20,4	4,12	215	71,7	17,9	4,37	190	63,3	15,8
3,38	325	108	27,1	3,63	280	93,3	23,3	3,88	244	81,3	20,3	4,13	214	71,3	17,8	4,38	189	63,0	15,8
3,39	323	108	26,9	3,64	278	92,8	23,2	3,89	242	80,8	20,2	4,14	213	71,0	17,7	4,39	188	62,7	15,7
3,40	321	107	26,7	3,65	277	92,3	23,1	3,90	241	80,4	20,1	4,15	212	70,6	17,6	4,40	187	62,4	15,6
3,41	319	106	26,6	3,66	275	91,7	22,9	3,91	240	80,0	20,0	4,16	211	70,2	17,6	4,41	186	62,1	15,5
3,42	317	106	26,4	3,67	274	91,2	22,8	3,92	239	79,6	19,9	4,17	210	69,9	17,5	4,42	185	61,8	15,5
3,43	315	105	26,2	3,68	272	90,7	22,7	3,93	237	79,1	19,8	4,18	209	69,5	17,4	4,43	185	61,5	15,4
3,44	313	104	26,1	3,69	271	90,2	22,6	3,94	236	78,7	19,7	4,19	208	69,2	17,3	4,44	184	61,2	15,3
3,45	311	104	25,9	3,70	269	89,7	22,4	3,95	335	78,3	19,6	4,20	207	68,8	17,2	4,45	183	60,9	15,2
3,46	309	103	25,8	3,71	268	89,2	22,3	3,96	234	77,9	19,5	4,21	205	68,5	17,1	4,46	182	60,6	15,2
3,47	307	102	25,6	3,72	266	88,7	22,2	3,97	232	77,5	19,4	4,22	204	68,2	17,0	4,47	181	60,4	15,1
3,48	306	102	25,5	3,73	265	88,2	22,1	3,98	231	77,1	19,3	4,23	203	67,8	17,0	4,48	180	60,1	15,0
3,49	304	101	25,3	3,74	263	87,7	21,9	3,99	230	76,7	19,2	4,24	202	67,5	16,9	4,49	179	59,8	15,0

Диаметр отпечатка d_{10} или $2 \cdot d_5$ или $4 \cdot d_{2,5}$	Твердость по Бринеллю для P в кг			Диаметр отпечатка d_{10} или $2 \cdot d_5$ или $4 \cdot d_{2,5}$	Твердость по Бринеллю для P в кг			Диаметр отпечатка d_{10} или $2 \cdot d_5$ или $4 \cdot d_{2,5}$	Твердость по Бринеллю для P в кг			Диаметр отпечатка d_{10} или $2 \cdot d_5$ или $4 \cdot d_{2,5}$	Твердость по Бринеллю для P в кг			Диаметр отпечатка d_{10} или $2 \cdot d_5$ или $4 \cdot d_{2,5}$	Твердость по Бринеллю для P в кг		
	30 D^2	10 D^2	2,5 D^2		30 D^2	10 D^2	2,5 D^2		30 D^2	10 D^2	2,5 D^2		30 D^2	10 D^2	2,5 D^2		30 D^2	10 D^2	2,5 D^2
4,50	170	59,5	14,9	4,75	159	53,0	13,3	5,00	143	47,5	11,9	5,25	128	42,8	10,7	5,50	116	38,6	9,66
4,51	178	59,2	14,8	4,76	158	52,8	13,2	5,01	142	47,3	11,8	5,26	128	42,6	10,6	5,51	115	38,5	9,62
4,52	177	59,0	14,7	4,77	158	52,6	13,1	5,02	141	47,1	11,8	5,27	127	42,4	10,6	5,52	115	38,3	9,58
4,53	176	58,7	14,7	4,78	157	52,3	13,1	5,03	141	46,9	11,7	5,28	127	42,2	10,6	5,53	114	38,2	9,54
4,54	175	58,4	14,6	4,79	156	52,1	13,0	5,04	140	46,7	11,7	5,29	126	42,1	10,5	5,54	114	38,0	9,50
4,55	174	58,1	14,5	4,80	156	51,9	13,0	5,05	140	46,5	11,6	5,30	126	41,9	10,5	5,55	114	37,9	9,46
4,56	174	57,9	14,5	4,81	155	51,7	12,9	5,06	139	46,3	11,6	5,31	125	41,7	10,4	5,56	113	37,7	9,43
4,57	173	57,6	14,4	4,82	154	51,4	12,9	5,07	138	46,1	11,5	5,32	125	41,5	10,4	5,57	113	37,6	9,38
4,58	172	57,3	14,3	4,83	154	51,2	12,8	5,08	138	45,9	11,5	5,33	124	41,4	10,3	5,58	112	37,4	9,35
4,59	171	57,1	14,3	4,84	153	51,0	12,8	5,09	137	45,7	11,4	5,34	124	41,2	10,3	5,59	112	37,3	9,31
4,60	170	56,8	14,2	4,85	152	50,7	12,7	5,10	137	45,5	11,4	5,35	123	41,0	10,3	5,60	111	37,1	9,27
4,61	170	56,5	14,1	4,86	152	50,5	12,6	5,11	136	45,3	11,3	5,36	123	40,9	10,2	5,61	111	37,0	9,24
4,62	169	56,3	14,1	4,87	151	50,3	12,6	5,12	135	45,1	11,3	5,37	122	40,7	10,2	5,62	110	36,8	9,20
4,63	168	56,0	14,0	4,88	150	50,1	12,5	5,13	135	45,0	11,3	5,38	122	40,5	10,1	5,63	110	36,7	9,17
4,64	167	55,8	13,9	4,89	150	49,8	12,5	5,14	134	44,8	11,2	5,39	121	40,4	10,1	5,64	110	36,5	9,14
4,65	167	55,5	13,9	4,90	149	49,6	12,4	5,15	134	44,6	11,2	5,40	121	40,2	10,1	5,65	109	36,4	9,10
4,66	166	55,2	13,8	4,91	148	49,4	12,4	5,16	133	44,4	11,1	5,41	120	40,0	10,0	5,66	109	36,3	9,07
4,67	165	55,0	13,8	4,92	148	49,2	12,3	5,17	133	44,2	11,1	5,42	120	39,9	9,97	5,67	108	36,1	9,03
4,68	164	54,8	13,7	4,93	147	49,0	12,3	5,18	132	44,0	11,0	5,43	119	39,7	9,94	5,68	108	36,0	9,00
4,69	164	54,5	13,6	4,94	146	48,8	12,2	5,19	132	43,8	11,0	5,44	119	39,6	9,90	5,69	107	35,8	8,97
4,70	163	54,3	13,6	4,95	146	48,6	12,2	5,20	131	43,7	10,9	5,45	118	39,4	9,86	5,70	107	35,7	8,93
4,71	162	54,0	13,5	4,96	145	48,4	12,1	5,21	130	43,5	10,9	5,46	118	39,2	9,82	5,71	107	35,6	8,90
4,72	161	53,8	13,4	4,97	144	48,1	12,0	5,22	130	43,3	10,8	5,47	117	39,1	9,78	5,72	106	35,4	8,86
4,73	161	53,5	13,4	4,98	144	47,9	12,0	5,23	129	43,1	10,8	5,48	117	38,9	9,73	5,73	106	35,3	8,83
4,74	160	53,3	13,3	4,99	143	47,7	11,9	5,24	129	42,9	10,7	5,49	116	38,8	9,70	5,74	105	35,1	8,79

Твердость по Бринеллю.

Продолжение

Диаметр отпечатка d_{10} или $2 \cdot d_5$ или $4 \cdot d_{2.5}$	Твердость по Бринеллю для P в кг			Диаметр отпечатка d_{10} или $2 \cdot d_5$ или $4 \cdot d_{2.5}$	Твердость по Бринеллю для P в кг			Диаметр отпечатка d_{10} или $2 \cdot d_5$ или $4 \cdot d_{2.5}$	Твердость по Бринеллю для P в кг			Диаметр отпечатка d_{10} или $2 \cdot d_5$ или $4 \cdot d_{2.5}$	Твердость по Бринеллю для P в кг			Диаметр отпечатка d_{10} или $2 \cdot d_5$ или $4 \cdot d_{2.5}$	Твердость по Бринеллю для P в кг		
	$30\ D^2$	$10\ D^2$	$2.5\ D^2$		$30\ D^2$	$10\ D^2$	$2.5\ D^2$		$30\ D^2$	$10\ D^2$	$2.5\ D^2$		$30\ D^2$	$10\ D^2$	$2.5\ D^2$		$30\ D^2$	$10\ D^2$	$2.5\ D^2$
5,75	105	35,0	8,76	6,00	95,5	31,8	7,96	6,25	87,1	29,0	7,25	6,50	79,6	26,5	6,63	6,75	72,8	24,3	6,07
5,76	105	34,9	8,73	6,01	95,1	31,7	7,93	6,26	86,7	28,9	7,23	6,51	79,3	26,4	6,61	6,76	72,6	24,2	6,05
5,77	104	34,7	8,69	6,02	94,8	31,6	7,90	6,27	86,4	28,8	7,20	6,52	79,0	26,3	6,58	6,77	72,3	24,1	6,03
5,78	104	34,6	8,66	6,03	94,4	31,5	7,87	6,28	86,1	28,7	7,17	6,53	78,7	26,2	6,56	6,78	72,1	24,0	6,01
5,79	103	34,5	8,63	6,04	94,1	31,4	7,84	6,29	85,8	28,6	7,15	6,54	78,4	26,1	6,54	6,79	71,8	23,9	5,99
5,80	103	34,3	8,59	6,05	93,7	31,2	7,81	6,30	85,5	28,5	7,12	6,55	78,2	26,1	6,51	6,80	71,6	23,9	5,97
5,81	103	34,2	8,56	6,06	93,4	31,1	7,78	6,31	85,2	28,4	7,10	6,56	77,9	26,0	6,49	6,81	71,3	23,8	5,95
5,82	102	34,1	8,53	6,07	93,0	31,0	7,75	6,32	84,9	28,3	7,07	6,57	77,6	25,9	6,47	6,82	71,1	23,7	5,93
5,83	102	33,9	8,49	6,08	92,7	30,9	7,73	6,33	84,6	28,2	7,05	6,58	77,3	25,8	6,45	6,83	70,8	23,6	5,91
5,84	101	33,8	8,46	6,09	92,3	30,8	7,70	6,34	84,3	28,1	7,02	6,59	77,1	25,7	6,42	6,84	70,6	23,5	5,89
5,85	101	33,7	8,43	6,10	92,0	30,7	7,67	6,35	84,0	28,0	7,00	6,60	76,8	25,6	6,40	6,85	70,4	23,5	5,87
5,86	101	33,6	8,40	6,11	91,7	30,6	7,64	6,36	83,7	27,9	6,97	6,61	76,5	25,5	6,37	6,86	70,1	23,4	5,84
5,87	100	33,4	8,36	6,12	91,3	30,4	7,61	6,37	83,4	27,8	6,95	6,62	76,2	25,4	6,35	6,87	69,9	23,3	5,82
5,88	99,9	33,3	8,33	6,13	91,0	30,3	7,58	6,38	83,1	27,7	6,92	6,63	76,0	25,3	6,33	6,88	69,6	23,2	5,80
5,89	99,5	33,2	8,29	6,14	90,6	30,2	7,55	6,39	82,8	27,6	6,90	6,64	75,7	25,2	6,31	6,89	69,4	23,1	5,78
5,90	99,2	33,1	8,26	6,15	90,3	30,1	7,52	6,40	82,5	27,5	6,87	6,65	75,4	25,1	6,29	6,90	69,1	23,1	5,76
5,91	98,8	32,9	8,23	6,16	90,0	30,0	7,50	6,41	82,2	27,4	6,85	6,66	75,2	25,1	6,27	6,91	68,9	23,0	5,74
5,92	98,4	32,8	8,20	6,17	89,6	29,9	7,47	6,42	81,9	27,3	6,82	6,67	74,9	25,0	6,24	6,92	68,7	22,9	5,72
5,93	98,0	32,7	8,17	6,18	89,3	29,8	7,44	6,43	81,6	27,2	6,80	6,68	74,7	24,9	6,22	6,93	68,4	22,8	5,70
5,94	97,7	32,6	8,14	6,19	89,0	29,7	7,42	6,44	81,3	27,1	6,77	6,69	74,4	24,8	6,20	6,94	68,2	22,7	5,68
5,95	97,3	32,4	8,11	6,20	88,7	29,6	7,39	6,45	81,0	27,0	6,75	6,70	74,1	24,7	6,17	6,95	68,0	22,7	5,66
5,96	96,9	32,3	8,08	6,21	88,3	29,4	7,36	6,46	80,7	26,9	6,72	6,71	73,9	24,6	6,15	6,96	67,7	22,6	5,64
5,97	96,6	32,2	8,05	6,22	88,0	29,3	7,33	6,47	80,4	26,8	6,70	6,72	73,6	24,5	6,13	6,97	67,5	22,5	5,63
5,98	96,2	32,1	8,02	6,23	87,7	29,2	7,30	6,48	80,1	26,7	6,68	6,73	73,4	24,5	6,11	6,98	67,3	22,4	5,61
5,99	95,9	32,0	7,99	6,24	87,4	29,1	7,27	6,49	79,8	26,6	6,65	6,74	73,1	24,4	6,00	6,99	67,0	22,3	5,59
																7,00	66,8	22,3	5,57

Измерение твердости прибором Польди, изображенным на рис. 34, производят в тех случаях, когда нет особенной необходимости получить точные цифры твердости, но зато *является важным произвести* испытание быстро, без применения громоздких приборов (например на складе материалов, где нет пресса Бринелля, или в мастерских у тяжелых и громоздких деталей, которые поднести к прессу Бринелля невозможно). Прибор Польди представляет собою небольшой боек *A*, помещенный в цилиндрической рукоятке *B*, в которой расположен также шарик *C* ∅ 10 *мм*. При испытании твердости между бойком и шариком вдвигается эталонный брусок *D* с временным сопротивлением разрыву $\sigma_b = 70$ *кг/мм²*. Шарик опирают на испытуемую деталь и обычным ручным молотком сильно ударяют по бойку. Удар должен быть строго центральным. В результате удара на испытуемой детали и на эталонном бруске получается вдавливание от шарика *C*. Пользуясь таблицей, приложенной к приборчику, находят H_B детали в зависимости от размеров отпечатков на эталонном бруске и детали. Если таблицы не имеется, то твердость детали (по Бринеллю) H_B можно определить по формуле:

$$H_B = \frac{H \cdot d_э^2}{d^2}$$

где H — твердость эталонного бруска (в данном случае для $\sigma_b = 70$ *кг/мм²* $H = 194$ *кг/мм²*), $d_э$ — диаметр отпечатка в эталонном бруске, d — то же в испытуемой детали.

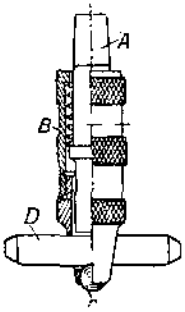


Рис. 34.

Как уже отмечено выше, этот способ не дает точных результатов, вследствие различного способа работы на прессе Бринелля и на Польди (первый работает статической, второй же — динамической нагрузкой), вследствие различной силы удара и погрешности твердости эталона; для практических же целей этот способ во многих случаях вполне пригоден, так как дает ошибку, не превышающую 7%.

Твердость по Виккерсу измеряется на приборе, построенном фирмой Виккерс, при помощи алмазной пирамиды с углом при вершине в 136°.[1]) Подобно твердости по Бринеллю и здесь твердость определяется отношением нагрузки (на приборе Виккерса равной 50 *кг*) к поверхности отпечатка. Размер отпечатка на приборе Виккерса измеряется специальным микроскопом, являющимся частью всего прибора. Измерение твердости по Виккерсу обладает преимуществом по сравнению с испытанием по Бринеллю, так как в пределах больших твердостей дает более точные результаты. При измерении твердости на прессе Бринелля при твердости начиная с 525 вследствие *упругих деформаций стального шарика* начинает возникать неточность измерения — преуменьшенные показания твердости, проявляющиеся тем резче, чем больше твердость; при измерении же

---

[1]) Угол между гранями пирамиды в 136° выбран потому, что такой именно угол образуют касательные к поверхности отпечатка, диаметр которого *равен 0,375 D, где D — диаметр* шарика, производящего отпечаток. Величина же 0,375 *D* выбрана как среднее арифметическое между 0,25 и 0,5 *D*, являющимися пределами, между которыми желательны колебания диаметров отпечатков шариков при испытании на Бринелле — с целью получить единообразные показания при различных нагрузках. Таким образом, выбор пирамиды в 136° сделан с целью приблизить результаты измерения твердости пирамидой к результатам измерения твердости шариком.

Зависимость между диагональными размерами отпечатка алмазной пирамиды в 136° и твердостью по Бринеллю. [1])

(Нагрузка 10 *кг*.) [2])

Отпечаток по Виккерсу *мм*	Твердость по Бринеллю					Отпечаток по Виккерсу *мм*	Твердость по Бринеллю				
	0	0,002	0,004	0,006	0,008		0	0,002	0,004	0,006	0,008
0,12	1288	1246	1206	1168	1132	0,13	1097	1064	1033	1003	974
0,14	946	920	895	870	847	0,15	824	803	782	762	743
0,16	724	707	690	673	657	0,17	642	627	613	599	585
0,18	572	560	548	536	525	0,19	514	503	493	483	473
0,20	464	455	446	437	429	0,21	421	413	405	397	390
0,22	383	376	369	363	357	0,23	351	345	339	333	327
0,24	322	317	312	307	302	0,25	297	292	287	282	278
0,26	274	270	266	262	258	0,27	254	250	246	243	240
0,28	237	233	230	227	224	0,29	221	218	215	212	209
0,30	206	203	200	197	195	0,31	193	190	187	185	183
0,32	181	179	177	174	172	0,33	170	168	166	164	162
0,34	160	158	157	155	153	0,35	151	150	148	146	145
0,36	143	142	140	139	137	0,37	135	134	133	131	130
0,38	128	127	126	124	123	0,39	122	121	120	119	117
0,40	116	115	114	112	111	0,41	110	109	108	107	106
0,42	105	104	103	102	101	0,43	100	99,1	98,2	97,4	96,6
0,44	95,8	94,9	94,0	93,2	92,4	0,45	91,6	90,8	90,0	89,2	88,4
0,46	87,6	86,8	86,1	85,4	84,7	0,47	84,0	83,3	82,6	81,9	81,2
0,48	80,5	79,8	79,1	78,4	77,8	0,49	77,2	76,5	76,0	75,4	74,8
0,50	74,2	73,6	73,0	72,4	71,8	0,51	71,3	70,7	70,1	69,6	69,1
0,52	68,6	68,1	67,6	67,1	66,6	0,53	66,1	65,6	65,1	64,6	64,1
0,54	63,6	63,1	62,6	62,1	61,6	0,55	61,1	60,7	60,3	59,9	59,5
0,56	59,1	58,7	58,3	57,9	57,5	0,57	57,1	56,7	56,3	55,9	55,5
0,58	55,1	54,7	54,3	53,9	53,5	0,59	53,1	52,7	52,4	52,1	51,8
0,60	51,5	51,1	50,7	50,4	50,1	0,61	49,8	49,4	49,1	48,8	48,5
0,62	48,2	47,9	47,6	47,3	47,0	0,63	46,7	46,4	46,1	45,8	45,5
0,64	45,2	44,9	44,6	44,3	44,0	0,65	43,7	43,4	43,2	43,0	42,8
0,66	42,6	42,3	42,0	41,7	41,4	0,67	41,1	40,9	40,7	40,5	40,3
0,68	40,1	39,8	39,5	39,3	39,1	0,69	38,9	38,7	38,5	38,3	38,1
0,70	37,9	37,6	37,4	37,2	37,0	0,71	36,8	36,6	36,4	36,2	36,0
0,72	35,8	35,6	35,4	35,2	35,0	0,73	34,8	34,6	34,4	34,2	34,0
0,74	33,9	33,7	33,5	33,3	33,1	0,75	32,9	32,7	32,5	32,3	32,2
0,76	32,1	31,9	31,7	31,5	31,4	0,77	31,2	31,0	30,9	30,7	30,6
0,78	30,5	30,3	30,1	30,0	29,8	0,79	29,7	29,6	29,4	29,3	29,1

Пример. Пусть при нагрузке в 10 *кг* расстояние между углами отпечатка пирамиды получилось в 0,376 *мм*; из таблицы находим, что твердость по Бринеллю испытуемого материала $H_B = 131$ *кг/мм*².

[1]) Данные по Smith и Sandland, предложивших прибор, построенный фирмой Виккерс. Подробное описание прибора Виккерса — см. Engineering, Apr. 25, 1924.

[2]) При большой нагрузке цифры твердости следует увеличивать во столько раз, во сколько раз нагрузка принята большей 10 *кг*.

алмазной пирамидой этой ошибки не возникает. Удобством измерения твердости по Виккерсу является также большая четкость отпечатка алмазной пирамиды, чем стального шарика. Измерители твердости Виккерса по справедливости считаются в числе наиболее совершенных для настоящего времени. Выше помещена таблица перевода значений твердости по Виккерсу в твердость по Бринеллю.

Твердость по Роквеллу определяется глубиной внедрения в испытуемый материал стального шарика или конического алмаза при определенном повышении давления. Глубина погружения измеряется индикатором, стрелка которого непосредственно отсчитывает твердость. Для мягких материалов обычно применяется стальной шарик ∅ 1,59 *мм* (1/16") (отсчеты производятся по красной шкале *B*), для более твердых — конический алмаз с конусностью в 120° (черная шкала *C*).[1] В обоих случаях первоначальное давление применяется в 10 *кг*. Конечное давление для стального шарика доводится до 100 *кг* (повышение давления на 90 *кг*), для алмаза — 150 *кг* (повышение на 140 *кг*). Увеличение давления производится автоматически и равномерно при помощи масляного тормоза в течение от 3 до 5 сек. Глубина внедрения колеблется от 0,06 *мм* при алмазном острии и закаленной стали до 0,25 *мм* при стальном шарике и мягком материале. Поэтому повреждение поверхности испытуемого изделия получается почти совершенно незаметным, что и является большим достоинством этого способа измерения твердости. Если отсчет по черной шкале *C* меньше *C* 20, следует производить испытание стальным шариком при нагрузке в 100 *кг* и пользоваться шкалой *B*. Наоборот, если отсчет на шкале *B* начинает превосходить *B* 100, нужно перейти на шкалу *C* и работать коническим алмазом.

Твердость по Роквеллу		Значение коэфициента *a*
Шарик ∅	Давление *кг*	
1/16	60	4030
1/16	100	7300
1/8	100	3710
конус	60	333000
	100	768000
	150	1420000

Зависимость между твердостью по Бринеллю и по Роквеллу определяется формулами С. Н. Петренко (см. также таблицу на стр. 186):

$$H_B = \frac{a}{130 - H_{R_B}}$$

или

$$H_B = \frac{a}{(100 - R_{R_C})^2}$$

Коэфициент *a* принимается из помещенной справа таблицы.

Условия правильности испытаний: 1) толщина изделия должна быть достаточной, чтобы на обратной его стороне не появилось следа от алмаза или шарика (для твердой стали толщина должна быть не меньше 0,7 *мм*). 2) Радиус кривизны изделия в месте испытания должен быть не меньше 5 *мм*. 3) С поверхности изделия следует удалить наждачной бумагой окалину, и поверхность должна быть ровной, но может и не быть отполированной. 4) *Поверхность изделия должна быть* установлена строго нормально к усилию при испытании.

Точность измерения твердости прибором Роквелла, хотя последний и справедливо считается одним из лучших измерителей твердости — в особенности для закаленных изделий, нельзя считать более высокой, чем 2 единицы шкалы *C*, так как одной единице

[1] Названия шкал *B* и *C* происходят от слов Ball (шарик) и Cone (конус).

твердости соответствует всего около 0,002 *мм* глубины вдавливания алмаза в испытуемый материал; наиболее же употребляемый интервал шкалы от 58 до 62° соответствует углублению алмаза в 0,01 *мм*. Особенно влияет на точность показаний прибора ровность и чистота поверхности изделия (до $\pm$ 1°), ошибка передаточных частей прибора (не менее $\pm$ 1°), правильность отметки твердости на эталонных брусках ($\pm$ 1°), различие в форме алмазов (до $\pm$ 2°). Периодически следует контролировать при помощи лупы форму алмаза, не обкололся ли его кончик, что бывает довольно часто и может сильно искажать показание твердости; для этой же цели следует время от времени контролировать показание прибора эталонным бруском. Алмаз до порчи может выдержать до 1000 и больше вдавливаний; точную цифру невозможно установить вследствие разнообразия прочности различных кристаллов. Следует иметь ввиду, что густота (и температура) масла, залитого в прибор, так же влияют на точность измерений вследствие различной скорости вдавливания алмаза: чем жиже и теплее масло, тем меньше показание твердости, и наоборот (ошибка до $\pm$ 0,5°).

Желательная твердость по Рожвеллу инструментов из углеродистой стали.

Инструмент	Твердость *C* по Роквеллу	Инструмент	Твердость *C* по Роквеллу
Ленточные пилы . . .	54—56	Токарные оправки . . .	62—64
Кернера	58 - 60	Дисковые пилы	62—64
Зубила	58 - 60	Развертки	62—64
Прогонки	58—60	Кондукторные втулки .	63—64
Зенкера	60—62	Штампы просечные . .	63—64
Сверла	60—62	Пробки и скобы	64
Штампы вырубные, загибные и вытяжные .	60—63	Ножовочные полотна . .	64
Резцы	61—63	Концевые калибры . .	64
Метчики	61—63		

Твердость по Герберту определяется маятниковым прибором в форме рычага, в середине которого в специальном держателе помещен шарик ∅ 1,0 *мм*. Этим шариком прибор ставится на испытуемый предмет, приводится в безразличное равновесие, и рычаг приводится в колебательное движение при положении центра тяжести на 0,1 *мм* ниже центра шарика. Время, затраченное на 10 колебаний рычага, обычно является мерой твердости материала (последняя иногда характеризуется также углом отклонения рычага от горизонтали при колебании рычага и величиной уменьшения амплитуды его колебаний). В виду очень высокой чувствительности этот способ редко используется для заводской работы и применяется большею частью лишь в научно-исследовательских лабораториях и институтах.

Твердость по Герберту для некоторых материалов приведена в помещенных ниже табличках. Между твердостью по Бринеллю H_B и твердостью по Герберту H_H существует следующая связь: если $H_H > 33{,}3$, то $H_B = 10\,H_H$.

Если $H_H < 33{,}3$, то $H_B = 0{,}3\,H_H^2$.

Прибор Герберта в особенности пригоден для определения твердости поверхностного слоя металла.

Твердость по Герберту некоторых металлов.

(Измерение амплитуды первого колебания).

Материал	H_H
Стекло	97
Очень твердая углеродистая сталь	93
Твердая углеродистая сталь	88
Отпущенная быстрорежущая сталь	75
Отожженная быстрорежущая сталь	54
Отожженная углеродистая сталь	41
Прокатанная латунь	14
Литая латунь	4
Свинец	0

Твердость по Герберту некоторых металлов.

(Измерение продолжительности 10 колебаний в секундах).

Материал	H_H	Материал	H_H
Стекло	100	Мягкая сталь	20—22
Очень твердая закаленная сталь	75—85	Бронза	15
Твердая закаленная сталь	63—65	Прокатанная латунь	15
Отпущенная быстрорежущая сталь	52	Медь	11,6
Чугун	30	Литая мягкая латунь	11,0
		Олово	6,8
		Свинец	3,0

Твердость по Мосу для минералов, определенная методом царапин, указана в помещенной ниже таблице курсивом. Для сравнения в той же таблице помещены измеренные по Мосу величины твердости некоторых металлов.

Твердость по Мосу.

Цезий	0,2	Железо	4
Натрий	0,4	Палладий	4
Калий	0,5	Платина	4,3
Тальк	1	*Апатит*	5
Свинец	1,5	Никель	5
Олово	1,8	*Полевой шпат*	6
Висмут	1,9	Марганец	6
Каменная соль	2	Молибден	6
Кадмий	2	Кремний	6—7
Кальций	2,3	Иридий	6,5
Церий	2,5	Вольфрам	6,5—7,5
Золото	2,5	*Кварц*	7
Цинк	2,5	Осмий	7
Магний	2,6	Тантал	7
Серебро	2,7	*Топаз*	8
Алюминий	2,9	*Корунд*	9
Известковый шпат	3	Хром	9
Сурьма	3	Бор	9,5
Медь	3	Карбид вольфрама	9,5—9,8
Мышьяк	3,5	*Алмаз*	10
Плавиковый шпат	4		

Твердость по Шору определяется склероскопом. [1]) Последний состоит из стального ударника с алмазным наконечником весом 2,6 *г*, падающего с определенной высоты (257 *мм*) на горизонтальную поверхность испытуемого образца. Чем тверже образец, тем меньше будет его деформация, вызванная кинетической энергией ударника, и тем выше последний отскакивает от образца вверх. Направляющей для ударника служит стеклянная трубка, по делениям которой отсчитывается высота отскакивания ударника. При установлении шкалы склероскопа число 100, соответствующее высоте 70 *мм*, было принято соответствующим средней высоте отскакивания ударника от закаленной чистой высокоуглеродистой стали; остальные деления вверх и вниз на шкале были установлены подобно тому, как это было сделано для стоградусного термометра.

Для мягких материалов применяется ударник с широкой нижней поверхностью без алмаза; в этом случае пользуются нормальной шкалой Шора. Измерение твердости склероскопом вызывает совершенно незаметные на глаз изменения поверхности изделия и может быть произведено чрезвычайно быстро (до 1000 промеров в час), что является крупным преимуществом этого способа.

Размеры и вес испытуемого образца могут влиять на показания склероскопа вследствие динамического действия ударника. Поэтому при испытании тонкой жести и т. п. материалов их следует класть на твердую,

[1]) Предложен американцем Shore. Некоторые авторы называют по-русски эту твердость по „Шору" (от англ. написания Shore), что не соответствует английскому произношению.

массивную подставку (при малой толщине образцов однако сказывается твердость самой подставки). Закаленные тонкие стальные изделия, напр. лезвия бритв, должны быть толщиной не менее 0,15 *мм*, твердовальцованная латунь и сталь — не менее 0,25 *мм*, отожженная — не менее 0,4 *мм*, иначе показания прибора не верны. При испытании цементированной поверхности толщина цементированного слоя должна быть не менее 0,25 *мм*, если ядро не мягче 30 по Шору; при более мягком ядре толщина цементированного слоя должна быть не менее 0,4 *мм*.

При многократном испытании твердости образца последний следует перемещать при каждом промере относительно ударника по меньшей мере на 1 *мм*, чтобы ударник не попадал в уже наклепанное предыдущим ударом место. Поверхность образца, на которую падает ударник, должна быте чистой и горизонтальной. При ударе должен быть слышен металлический, полный звук, что является признаком правильной подготовки поверхности образца. При грубой поверхности и косом расположении ее получаются преуменьшенные показания. При откалывании алмазного кончика показания склероскопа уменьшаются; наоборот, при его затуплении они увеличиваются.

Определение твердости склероскопом в особенности пригодно для инструментов и деталей, мало отличающихся друг от друга по размерам, форме и весу, так как в противоположном случае склероскоп не дает однородных сравнимых результатов. Поэтому в настоящее время в инструментальных мастерских, в особенности же в исследовательских лабораториях, испытание склероскопом заметно вытесняется испытанием по Роквеллу или Виккерсу.

Таблица твердости по Шору.

(Определяется склероскопом.)

Название металла	Отожженный	Прокованный	Название металла	Отожженный	Прокованный
Свинец	2—5	3—7	Инструментальн. сталь С—1%	30—35	40—50
Баббит	4—9	—	Инструментальн. сталь С—1,65%	35—50	—
Золото	5	8%	Ванадиевая сталь	35—45	—
Серебро	6%	20—30	Хромо-никелевая сталь	37	—
Латунь	7—35	—	Хромо-никелевая сталь закал.	—	60—95
Чистое олово	8	—	Быстрорежущая сталь закал.	—	70—105
Медь	6	14—20	Углеродистая инструмент. сталь закаленная	—	70—105
Цинк	8	20			
Железо	18	25—30			
Мягкая сталь с углеродом около 0,15%	22	30—40			
Никель	31	55			
Чугун серый	20—45	—			

Испытание твердости закаленной стали напильником очень часто производится в мастерских, когда отсутствуют приборы для измерения твердости. Этот грубый способ все же может дать представление о твердости. Если хороший напильник с мелкой насечкой оставляет царапины на стали, то твердость этой стали менее 620 по Бринеллю

Соотношение между твердостью по Бринеллю, Роквеллу (*C* и *B*) и Шору.
(По данным американского общества обработки стали.)

Бринелль	Роквелл *C*	Роквелл *B*	Шор	Бринелль	Роквелл *C*	Роквелл *B*	Шор
780	64	—	98	170	—	88	25
745	63	—	98	167	—	87	25
712	61	—	97	163	—	86	24
682	60	—	96	159	—	85	24
653	59	—	95	156	—	84	23
627	57	—	93	152	—	83	23
601	56	—	92	149	—	82	22
578	55	—	90	146	—	81	22
555	53	—	88	143	—	80	21
534	52	—	86	140	—	79	21
514	51	(120)	84	137	—	78	20
495	50	(120)	81	134	—	77	20
477	49	(119)	79	131	—	76	19
461	48	(119)	76	128	—	75	19
444	47	(118)	74	126	—	74	19
429	45	(117)	72	123	—	73	19
415	43	(116)	69	121	—	72	19
401	42	(115)	67	118	—	71	19
388	41	(114)	64	116	—	70	19
375	40	(114)	62	114	—	68	18
363	39	(113)	60	111	—	67	18
352	38	(113)	58	109	—	66	18
341	36	(111)	56	107	—	65	18
331	35	(111)	54	105	—	64	18
321	33	(110)	52	103	—	63	18
311	32	(109)	50	101	—	62	17
302	31	(108)	48	99,2	—	61	—
293	30	(107)	47	97,3	—	60	—
285	29	(106)	45	95,5	—	59	—
277	28	(106)	43	93,7	—	58	—
269	27	(105)	41	92,0	—	57	—
262	25	(104)	40	90,3	—	55	—
255	24	(104)	38	88,7	—	54	—
248	23	(103)	37	87,1	—	52	—
241	22	102	36	85,5	—	50	—
235	21	101	35	84,0	—	49	—
229	19	100	34	82,5	—	47	—
223	(18)	99	33	81,0	—	45	—
217	(16)	98	32	79,6	—	43	—
212	(15)	97	31	78,2	—	42	—
207	—	95	30	76,8	—	41	—
201	—	94	29	75,4	—	40	—
197	—	93	29	74,1	—	39	—
192	—	92	28	72,8	—	37	—
187	—	91	28	71,6	—	35	—
183	—	90	27	70,4	—	33	—
179	—	90	26	69,2	—	31	—
174	—	89	26	68,0	—	29	

Цифры, заключенные в скобки, представляют условный перевод шкалы H в шкалу C и обратно. Измеряя твердость по Роквеллу обычно пользуются цифрами шкал, не заключенными в скобки.

3. Испытание технологических свойств.

Испытание обрабатываемости. Испытание снятием стружки для выяснения способности материала подвергаться обработке производится большей частью на токарных и сверлильных станках. Наиболее употребительны два способа:

1. Испытание с постоянной нагрузкой на сверлильном станке (для этой цели имеются в продаже специальные станки).

Работа ведется с постоянным давлением для подачи сверла и при постоянном числе оборотов, так что глубина отверстий, просверленных в разных материалах за одно и то же время, получается неодинаковой. Мерой способности обрабатываться (мерой „обрабатываемости") служит отношение глубины отверстия при нормальном материале S_n к глубине отверстия в испытуемом S, причем в обоих материалах отверстия обычно изготовляются при 100 оборотах сверла. Результаты опыта удобно представить графически в виде диаграммы (рис. 35), где по оси абсцисс откладывают глубину отверстия, а по оси ординат — соответствующее этой глубине число оборотов сверла (на рис. 35 пунктиром обозначена характеристика нормального материала, сплошной линией — испытуемого). За нормальный материал часто принимают электролитическую медь.

Рис. 35.

2. Испытание по затуплению инструментов производится на токарных и сверлильных станках.

Существует несколько методов для установления момента наступившего износа резца. Удобно определять момент окончательного затупления кромок в зависимости от момента резкого повышения усилия подачи, что обнаруживается при применении месдозы, или же по моменту возникновения на обработанной поверхности блестящей полоски (критерий Шлезингера); оба эти явления обычно совпадают во времени.

Следует заметить, что для оценки обрабатываемости при чистовом обтачивании применяют также и специальные методы оценки износа режущих кромок. [1])

Наиболее распространенным и правильным критерием обрабатываемости материалов, применяемым также и при оценке качества резцов, до сих пор остается критерий Тейлора, заключающийся в определении скорости резания при жизни резца до его затупления в течение 20 мин. при определенном сечении стружки. Ф. Тейлор применял глубину резания $t = 1/16'' = 4{,}76$ *мм* и подачу $s = 1/16'' = 1{,}58$ *мм*, пригодные для оценки обрабатываемости при облирочной обработке. Для оценки обрабатываемости при чистовой обработке применяют тот же критерий обрабатываемости, какой применял и Тейлор для оценки резцов, но конечно с меньшим сечением стружки. [2])

---

[1]) Напр. метод W. Levensetter, заключающийся в применении специального маятникового прибора, в который закрепляется испытуемый резец. Помимо указанных способов применяются также и многие другие для испытания обрабатываемости, напр. измерение температуры лезвия резца при помощи термопары деталь — резец и пр.

[2]) Так, T. Digges применял при чистовом обтачивании $t = 0{,}254$ *мм* и $s = 0{,}292$ *мм* 1 об. (см. Tr. Am. Soc. Mech. Eng. 1932, № 3).

Испытание листового материала вытягиванием на приборе Эриксен выясняет пригодность этого материала для вытягивания. В приборе (рис. 36) после зажима пробы поводок вынимается, и внутренний шпиндель с шаровым наконечником вжимается в пробу до появления на последней мелких трещин, обнаруживаемых при наблюдении при помощи зеркала. Величина перемещения шпинделя, отсчитываемая по шкале, служит мерой вязкости листа. Это испытание применяется для листового материала толщиной не более 2 *мм*.

На рис. 37 представлены главнейшие размеры пуансона и матрицы, нормализованные ОСТ 2493 для испытания декапированного железа.

В *Германии для испытания всех листовых материалов приняты* такие же главнейшие размеры пуансона и матрицы, за исключением того, что по DVM наружный край *a* матрицы и зажимного кольца *C* закруглен радиусом $r = 0{,}75$ *мм*, по ОСТ же оставлен острым (в Германии также применен вместо закругленного конца пуансона шарик ⌀ 20 *мм*)

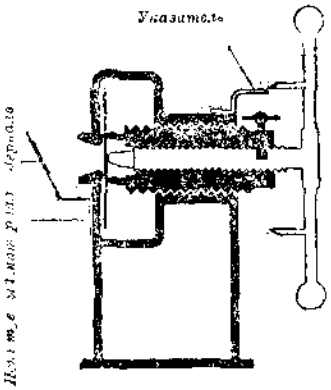


Рис. 36.

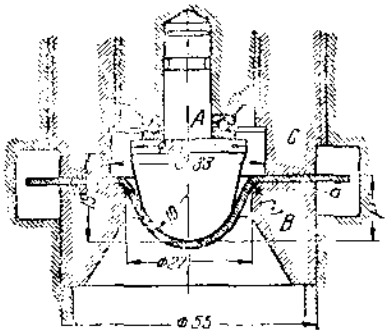


Рис. 37.

Испытание производится следующим образом. [1]) Толщина испытуемого образца измеряется с точностью до 0,01 *мм* микрометром. Образец или пуансон смазывается чистым вазелином и зажимается зажимным кольцом, после чего прижимное кольцо слегка отжимается, *чтобы получить* зазор между образцом и зажимным кольцом в 0,05 *мм*, что принимается за нулевое положение кольца. После этого пуансон с равномерной скоростью ($\approx 0{,}1$ *мм* в сек.) вдавливают в материал до тех пор, пока *не появится* первая трещина в материале. Образцы листового материала должны быть в виде полос шириной не менее 70 *мм*; лунки должны отстоять от края полосы не ближе 35 *мм* и не ближе 70 *мм* друг от друга (считая по оси лунок). При квадратных образцах с шириной стороны меньшей 70 *мм* получаются преувеличенные показания вязкости.

Обязательным условием *для правильности результатов испытания* является гладкость поверхности матрицы, прижимного кольца и пуансона, которые должны быть закалены и отполированы; их нужно тщательно оберегать от ржавчины.

Кроме определения вязкости материала испытание по Эриксену может дать представление по виду наружной стороны лунки (ее шероховатости) о величине кристаллов материала.

---

[1]) DVM — Prüfverfahren.

Ниже в табличке указаны глубины лунок до появления трещин при испытании по Эриксену различных материалов. Вследствие многих факторов, влияющих на вязкость листового материала при его изготовлении, на практике возможны отступления от приведенных величин.

Вязкость по Эриксену для листового и ленточного материала (глубина лунки в *мм*).

Материал / толщина в *мм*	Латунь для вытягивания	Медь	Ленточное железо	Алюминий	Железо для глубоких вытяжек	Листовое оцинкованное железо	Простое декапированное железо	Белая жесть	Цинк
0,2	11,3	9,5	8,5	7,5	7,2	6,9	6,5	6,1	5,2
0,3	11,8	10,2	9,1	8,2	7,8	7,5	7,3	7	6
0,4	12,2	10,5	9,5	8,7	8,2	8	7,8	7,5	6,5
0,5	12,5	10,8	9,8	9	8,6	8,4	8,2	7,9	6,9
0,6	12,7	11	10,1	9,2	8,9	8,7	8,5	8,3	7,3
0,8	13	11,5	10,6	9,5	9,5	9,3	9,1	8,9	7,8
1	13,3	11,8	11	10	9,9	9,9	9,7	9,5	8,1
1,2	13,5	12,1	11,4	10,5	10,4	10,3	10,2	9,9	8,3
1,4	13,7	12,3	11,8	11	10,8	10,7	10,6	10,4	8,4
1,5	13,8	12,4	11,9	11,2	11	10,9	10,8	10,6	8,5
1,6	13,9	12,5	12,1	11,4	11,2	11	11	10,8	8,5
1,8	14,1	12,8	12,4	11,8	11,6	11,5	11,4	11,2	8,6
2	14,3	13	12,6	11,2	12	11,9	11,8	11,6	8,6

Проба на осадку применяется для круглого болтозаклепочного и связевого материала диаметром до 30 *мм*. По ОСТ 1686 высота испытуемого образца должна быть равна удвоенному его диаметру. Торцевые плоскости образца должны быть перпендикулярны к его оси. Испытание состоит в осаживании образца в холодном состоянии при диаметре до 15 *мм* — молотком или кувалдой, а при диаметре свыше 15 *мм* — под прессом, до определенной высоты h_1 (рис. 38), задаваемой в каждом отдельном случае техническими условиями отношением $x = \frac{h_1}{h}$, которое меньше единицы. Признаком удовлетворительного результата испытания служит отсутствие в образце после осадки трещин или излома.

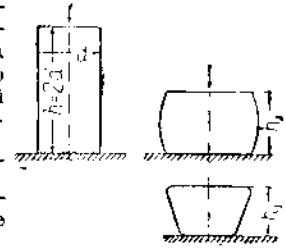


Рис. 38

Проба на загиб производится в холодном или нагретом состоянии (в зависимости от технических условий) и служит только для определения способности металла принимать заданный по размерам и форме загиб. Ширина испытуемых образцов b (рис. 39) из листового, фасонного и полосового материала при ширине полосы ≥ 100 *мм* по ОСТ 1683 должна быть равна удвоенной толщине h материала, но не менее 10 *мм*, длина $L \approx 5\ h + 150$ *мм*. При ширине полосы < 100 *мм* и для пруткового материала сечение образца

должно соответствовать материалу, длина же $L \approx 5h + 150$ *мм*. На рис. 39 изображена установка для испытания на изгиб, применяемая на прессах, специальных приборах, тисках с соответствующими губками и пр.

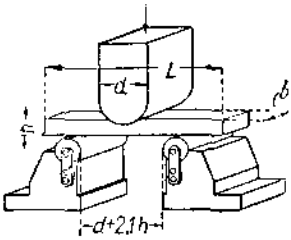


Рис. 39.

Загиб может быть произведен в зависимости от технических условий: 1) до определенного угла, 2) вокруг оправки до параллельности сторон (оправка в этом случае должна быть длиннее ширины образца), или 3) загиб вплотную, т. е. до соприкосновения сторон образца (рис. 40). Признаком удовлетворительности результатов испытания, служит отсутствие в образце после загиба трещин, расслоений или излома.

Испытание фасонного материала на развертывание по ОСТ 1694 производится в холодном или нагретом состоянии (в зависимости от техн. условий, которые должны также указывать степень нагрева, если последний должен быть произведен). Испытание состоит в развертывании фасонного материала ударами ручника, кувалды или молота в плоскость с последующим загибом (фиг. 41). После развертывания и загиба не должно быть трещин или излома.

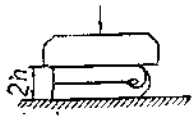


Рис. 40

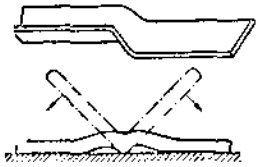


Рис. 41.

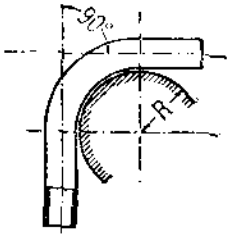


Рис. 42.

Испытание труб на загиб производится в холодном или горячем состоянии для труб с наружным диаметром не свыше 115 *мм*. Испытание состоит в загибе образца (по ОСТ 1687 $L = 10\ d$, но не менее 200 *мм*), заполненного сухим песком или залитого канифолью) на 90° вокруг оправки, радиус которой R должен быть указан в технических условиях (рис. 42). Размер допустимой при загибе овальности оговаривается в технических условиях. *Необходимо, чтобы при испытании усилие* для загиба образца нарастало плавно.

Испытание труб на раздачу служит для определения пригодности труб подвергаться раздаче до определенного диаметра. Образец для пробы отрезается от конца трубы по ОСТ 1689 длиною $L \approx 1{,}5\ d + 50$ *мм*, где d — наружный диаметр трубы. Проба состоит в раздаче трубы (в холодном или горячем состоянии, в зависимости от технических условий) путем вколачивания в нее ударами молотка или кувалды, или нажатием пресса конической оправки (рис. 43) до пределов, указанных в технических условиях на прием труб и выраженных в процентах от d. Величина раздачи x в процентах, опре-

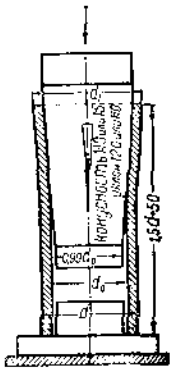


Рис. 43.

деляемой при невынутой оправке, равняется $\frac{d_1 - d}{d} \cdot 100$, где d_1 — диаметр конца трубы после раздачи. Конусность оправки может быть $^1/_{10}$ или $^1/_5$, в зависимости от технических условий. Допускается смазка вгоняемой оправки. Признаком того, что образец выдержал пробу, служит отсутствие в нем после раздачи трещин или надрывов.

Испытание труб на обжатие по ОСТ 1690 состоит в обжатии образца трубы длиною $L \approx 2{,}5\ d + 50$ *мм* при помощи загонки его ударами молотка или кувалды или нажатия пресса в кольцо с коническим отверстием (рис. 44) до пределов, указанных в технических условиях. Пределы должны быть выражены в процентах от первоначального наружного диаметра трубы d, точно так же, как и в предыдущем случае. Конусность обжима 1 : 10 или 1 : 5.

Если в технических условиях отсутствует указание конусности, ее следует принять в $^1/_{10}$ (уклон $^1/_{20}$). Испытание считается выдержанным, если после заданного обжатия не появляется трещин и надрывов. Если появляются складки, испытание следует повторить.

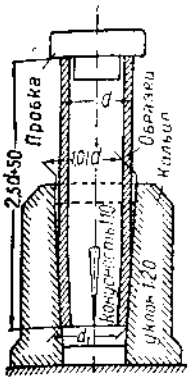


Рис. 44.

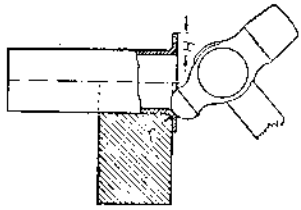


Рис. 45.

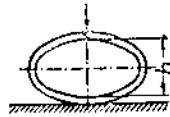


Рис. 46

Испытание труб на бортование по ОСТ 1691 в холодном или горячем состоянии, в зависимости от технических условий, применяется для определения способности стенок труб отгибаться на 90°. Испытание состоит в отгибании на 90° борта трубы легкими ударами ручника с шаровой головкой (рис. 45). Размер отгиба H задается техническими условиями. Отгибание производится на подставке с полукруглым вырезом радиуса $\approx 0{,}52\ d$ (где d — диаметр трубы). Радиус закругления r подставки задается техническими условиями; если в последних на этот счет нет указаний, его следует принимать равным толщине трубы.

Испытание труб на сплющивание состоит в сплющивании образца длиной $l = d$ (в холодном или горячем состоянии, в зависимости от технических условий) при помощи ударов ручника, механического молота, кувалды или пресса до величины b (рис. 46), заданной техническими условиями.

При сплющивании трубы вплотную ($b = 0$) допустима петля диаметром до $0{,}25\ s$ (s — толщина стенки). В сварных трубах шов должен располагаться по диаметральной плоскости перпендикулярной к линии действия сил, если в технических условиях не оговорено иное положение шва.

Испытание на расплющивание производится, в зависимости от технических условий, в холодном или нагретом состоянии и применяется

для прокатного материала (листового, полосового, пруткового) и для заклепочных головок.

Проба на расплющивание прокатанного материала (по ОСТ 1693) *производится ударами ручника* или кувалды с закругленными в фасках головками или при помощи механического молота. Расплющивание производится до получения полосы, ширина которой указывается в технических условиях, а длина должна быть равна двойной ширине (рис. 47). Проба на расплющивание головок заклепок состоит в расплющивании головки ударами ручника с закругленной в фасках головкой (рис. 48). *Расплющивание производится до пределов, заданных отношением* $\frac{D}{d}$, которое должно быть указано в технических условиях. Удары ручника должны быть направлены по оси заклепки. После испытания не должно быть трещин и надрывов.

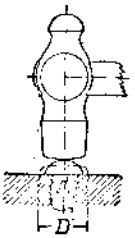


Рис. 48.

Испытание проволоки скручиванием производится на приборе, изображенном на рис. 49, где растягиваемая при помощи коленчатого рычага и груза проволока скручивается. Число оборотов до разрыва дает характеристику проволоки.

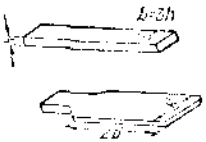


Рис. 47.

Изображенная на рис. 49 конструкция прибора пригодна для скручивания проволоки диаметром от 0,2 до 8 *мм*. Обычно же испытывают проволоку скручиванием лишь до 6 *мм* включительно.

ОСТ 1696 предлагает давать расчетную длину (между зажимами прибора) $L = 200$ *мм* (полная длина испытуемого образца выбирается в зависимости от конструкции зажимов). Натяжение образца проволоки при ее скручивании по ОСТ 1696 должно быть: 0,5 *кг/мм²* при $\sigma_b \leqslant 40$ *кг/мм²*, 1,0 *кг/мм²* при $\sigma_b > 40$ *кг/мм²*, но < 80 *кг/мм²* и 2,0 *кг/мм²* при $\sigma_b \geqslant 80$ *кг/мм²*. Скорость закручивания проволоки при испытании должна быть около 30 оборотов проволоки в минуту. Для получения сравнимых характеристик проволок разных диаметров рекомендуется определять число закручиваний, отнесенное к длине, равной 100 *d*, где *d* — диаметр проволоки. Признаком удовлетворительного результата испытания (заданного техническими условиями числа оборотов), служит отсутствие по всей длине образца после производства испытания трещин, надрывов, расслоений и резко выраженной неравномерности распространения скручивания.

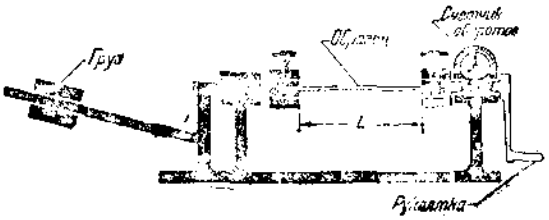


Рис. 49.

Испытание проволоки на навивание по ОСТ 1695 применяется для проволоки до 6 *мм* включительно только в холодном состоянии. Испытание состоит в навивании проволоки плотно прилегающими витками на цилиндр диаметром *D* (рис. 50), определенный техническими условиями.

Если последние не имеют указания величины D, проволока навивается на самоё себя, для чего от проволоки отрезается образец длиною 50 *мм*. Этот образец сгибается V-образно, один конец проволоки плотно зажимается в тисках (для проволоки из цветных металлов между губками ставится свинцовая прокладка). Другой конец проволоки навивается вокруг первого конца плотной спиралью. Число витков должно быть от 5 до 10. Допускается при производстве испытания некоторое естественное закругление навиваемого конца. За пробой навиванием может последовать развивание навитой проволоки, если это будет оговорено в технических условиях. После испытания не должно быть трещин, надрывов или излома как в материале образца, так и в его покровном слое (оцинковка, полуда и пр.).

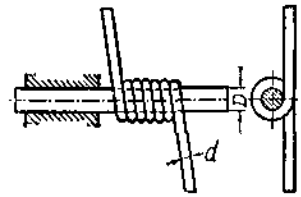


Рис. 50.

Проба на перегиб в переменном направлении производится на приборе (рис. 51), где зажатая проба изгибается вправо и влево, на 90° в каждую сторону — или до излома, или до достижения числа качаний по техническим условиям. Число качаний рычага является характеристикой образца.

Пробу на перегиб ОСТ 1688 предлагает производить для круглой проволоки и прутков диаметром до 10 *мм*, для проволоки и прутков фасонного сечения, площадью до 120 *мм*², для полосового и листового материала толщиной до 5 *мм*. Длину образцов рекомендуется принимать в 150 *мм*. При полосовом материале шириной более 20 *мм* ширина образцов должна быть равной удвоенной толщине + 10 *мм*. Загиб образца производится попеременно в правую и левую сторону на 90° со скоростью не более 60 перегибов в минуту, до определенного числа перегибов, указанного в технических условиях. Рекомендуется однако производство испытания доводить до разрушения образца с определением соответствующего числа перегибов. За один перегиб считается

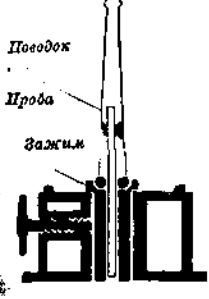


Рис. 51.

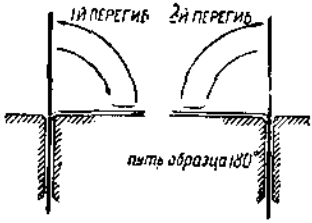


Рис. 52.

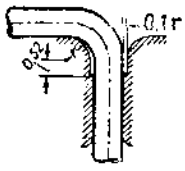


Рис. 53.

гиб на 90° и разгиб на 90° (см. рис. 52). Радиус r закругления губок прибора, к которым должен прилегать образец при производстве испытания, должен указываться в технических условиях на поставку материала и выбираться из чисел: 2, 4, 6, 8 и 10 *мм*. Рекомендуемая ОСТ форма губок указана на рис. 53. Признаком того, что образец выдержал испытание, является отсутствие на нем после заданного технических условиями числа перегибов расслоений, трещин или излома, как в материале образца, так и в его покровном слое (оцинковка, полуда и пр.).

Испытание листовых пружин на остаточную деформацию при изгибе производится при помощи прибора (рис. 54), на котором отгибают пружину рукояткой до косой поверхности у основания прибора. Характеристикой пружины является величина дуги в градусах, на которую после отвода рычага отогнулась пружина назад.

Испытание листового материала на двойной кровельный замок по *ОСТ 1697 производится для листов* толщиною менее 0,8 *мм* только в холодном состоянии. Линия замка должна быть не менее 150 *мм*. Испытание состоит в соединении двух кусков листа вплотную двойным замком с последующим загибом по линии, перпендикулярной линии замка, но не больше 45°, и разгибом в *плоскость (рис. 55)*. Число загибов и разгибов должно быть указано в технических условиях. Загиб и разгиб производятся при помощи киянки на деревянной подкладке. Перегиб при производстве данной пробы не допускается. После испытания не должно быть отслаивания, *трещин и излома* как в материале образца, так и в его покровном слое (оцинковке и пр.).

Испытание на износ производится обычно на специальных приборах, на которых кусок испытываемого материала прижимается к диску, изготовленному из определенного материала и вращающемуся с определенной скоростью. *Мерой износа* пробы в этом случае служит: продолжительность испы-

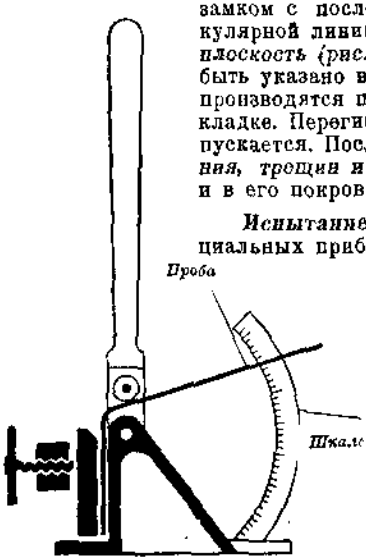


Рис. 54.

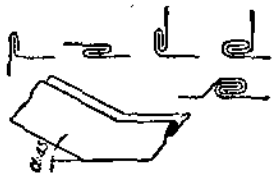


Рис. 55.

тания, давление на пробу, скольжение между *пробой и диском, величина* износа пробы и величина износа эталонного диска. В таблице стр. 195 приведены схемы испытаний на износ тремя наиболее распространенными способами.

Макро- и микроанализ.

Металлографическое исследование имеет целью обнаружить пороки в материале (*напр. посторонние включения*, вредные примеси, неравномерное и нежелательное распределение отдельных составляющих структуры — напр. цементитную сетку, и пр.), выяснить предварительную обработку (качество отжига, закалки, ковки и пр.), определить (приближенно) химический состав материала (напр. содержание углерода в стали) [1]) и пр. *Металлографическое исследование разделяется* на макроскопическое [2]) исследование невооруженным глазом и микроскопическое [3]) — исследование при помощи микроскопа; последний

[1]) По мнению Е. Неуп точность определения содержания углерода у стали с содержанием *до 0,5% при металлографическом испытании* не меньше чем при химическом анализе.
[2]) См. Промстандарт 140 (металл) и A. S. T. M. Designation: E 6—24.
[3]) См. Промстандарт 141 (металл).

Испытание на износ.
(см. стр. 194).

Схема	Размеры		Материал эталонного диска	Число оборотов, скольжение, давление
	Пробы мм	Эталонного диска мм		
Сист. *Амслера*	$D = 40$ $b = 10$	$D = 40$ $b = 10$	Например, Сталь 95 *кг/мм²* в *сыром или* закаленном состоянии	Число оборотов 200 в мин. Скольжение 1% Давление 100 *кг*
Сист. *Шпиндель-Ман*	любые	$D = 320$ $b = 1$	Например, сталь 60 *кг/мм²*	Окружная скорость 30 *м* сек. Скольжение 100% Давление 5 *кг*
Сист. *Мора и Федергафа*	$D = 50$ $b = 20$	$D = 100$ $b = 20$	Например, крепко закаленная сталь 60 *кг/мм*	Число оборотов 400 в мин. Скольжение получается вследствие разности диаметров при одинаковой угловой скорости вращения Давление 200 *кг*

вид исследования имеет наибольшее распространение. При обоих видах металлографического исследования шлифованные и полированные образцы — шлифы — в большинстве случаев следует выбирать поперек волокон изделия, так как лишь такие образцы дают возможность выявить неоднородность структуры.

Макроскопическое исследование [1]) не требует полирования образца; обычно ограничиваются лишь его шлифованием шлифовальными шкурками до самых мелких номеров шкурок. После травления шлифа помимо трещин, усадочных раковин, пузырей и т. п. макроскопическим исследованием можно обнаружить: а) обезуглероживание поверхностного *слоя изделия путем травления шлифованного образца* одним из перечисленных ниже реактивов; при этом у наружного обезуглероженного слоя материала появится более светлая зона, чем в середине; б) глубину цементированного слоя — путем такого же травления: науглероженный наружный слой будет более темным, чем сердцевина изделия; в) расположение волокон материала изделия и тем самым качество и способ предыдущей обработки (ковкой, фрезерованием, вытягиванием и пр.). В последнем случае после травления шлифа по цвету выделяются участки материала — волокна — с различной степенью предшествующей деформации; участки поверхности образца, испытавшие наибольшую деформацию, кажутся после травления более темными.

[1]) Макроскопическое исследование начало применяться еще с 1783 г. (Бергман).

При макроскопическом исследовании далеко не всегда требуется травление шлифа. Очень часто о качестве материала можно судить по его излому (стр. 27), что так же относится к макроскопическому исследованию.

Одним из лучших быстро-действующих реактивов для травления при исследовании макроструктуры можно считать реактив Гейна, состоящий из 10—12% водного раствора двойной хлористой соли меди и аммония. Этим реактивом *пользуются следующим образом.* В сосуд с жидкостью кладут образец шлифованной поверхностью вверх — так, чтобы над поверхностью был достаточный слой реактива, и покачивают сосуд. *По истечении* 60 секунд образец вынимают, помещают его под кран с водой и при помощи мокрого кусочка ваты удаляют образовавшийся на поверхности образца слой отложившейся меди (заменившей железо в образце). После этого образец снова моют в проточной воде, осушают полотенцем, протирают кусочком ваты, смоченной в спирту, чтобы окончательно удалить остатки кислоты и тем предохранить от последующего ржавления. Участки *поверхности образца с содержанием* фосфора окрашиваются в темный цвет (при большом содержании фосфора оттенок становится бронзовым). Реактив Гейна пригоден для стали с содержанием углерода до 0,3% и не выше 0,7%.

Рис. 56.

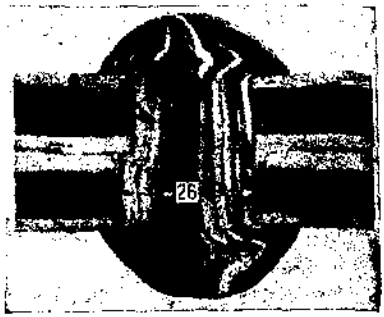


Рис. 57.

Одним из недостатков реактива Гейна является трудность удаления медной пленки; чтобы облегчить эту операцию шлиф можно погружать в насыщенный водный раствор цианистого калия.

Для стали с содержанием углерода до 0,9% пригоден реактив Оберхоффера: 0,5 *г* хлористого олова ($SnCl_2$) + 1 *г* хлорной меди ($CuCl)_2$ + + 30 *г* хлорного железа (Fe_2Cl_6) + 500 *см*³ воды + 500 *см*³ этилового спирта + 50 *см*³ концентрированной соляной кислоты. *При этом реактиве* содержание фосфора сказывается белым оттенком при прямом (не боковом) освещении образца.

На рис. 56 *изображено сечение образца (с содержанием* 0,08% C) травленое реактивом Гейна; черное ядро содержит 0,15% P и 0,067% S, белый край образца — 0,065% P и 0,021% S. На рис. 57 представлено *травленое сечение заклепочного соединения,* отчетливо указывающее направление волокон материала.

Кроме перечисленных реактивов применяются также реактивы: Гумфри (8—12% раствор медно-аммиачной соли в воде + 2,5—5% со-

ляной кислоты), Розенгейна (хлорное железо (Fe_2Cl_6) 30 *г* + концентрированной соляной кислоты 100 *см*³ + хлорной меди ($CuCl_2$) 10 *г* + хлористого олова ($SnCl_2$) 0,5 *г* + вода 100 *см*³) и пр.

Для определения неравномерного распределения (зейгерования) [1] серы и фосфора в изделии можно применить несколько способов, один из которых (Гейна и Бауера) состоит в следующем: на поверхность образца, которая может быть грубой (из-под напильника), накладывают кусочек белого шелка, который кисточкой смачивают раствором 10 *г* $HgCl_2$ + 20 *см*³ HCl (уд. вес 1,124) + 100 *см*³ воды. В местах выделения в образце серы шелк окрасится черными точками, в местах выделения фосфора — точками лимонно-желтого цвета.

Для выявления линий деформации материала микроскопическим анализом применяется реактив Фри: [2]) 40 *см*³ концентрированной HCl (уд. вес. 1,19) + 30 *см*³ воды + 25 *см*³ этилового спирта + 5 *г* хлорной меди кристаллической ($CuCl_2$).

Перед изготовлением шлифа для анализа реактивом Фри исследуемая деталь нагревается в течение 30 минут при 200°, после чего изготовляется шлиф, травится указанным выше составом и исследуется под микроскопом. Для выявления простым глазом линий деформации материала применяется протрава, состоящая из концентрированной HCl—120 *см*³, воды—100 *см*³ и хлорной меди—90 *г*.

После погружения в реактив на 1—3 минуты образец натирается тряпочкой, смоченной реактивом и посыпанной мелкой порошкообразной хлорной медью, [3]) пока не выступит рисунок, [4]) после чего образец просушивается, промывается спиртом и снова просушивается. Промывания водой следует избегать, так как в этом случае поверхность шлифа тотчас загрязняется медью. Темные полосы и участки на поверхности образца указывают величину и направление пластической деформации, которую получил образец

Микроскопическое металлографическое исследование. На поверхности исследуемой стали выбирают участок площадью 0,5—1,5 *см*² и шлифуют его наждачной бумагой, начиная от грубых сортов бумаги и кончая самыми мелкими — № 0 или № 00; обычно проходят через три-четыре номера. По шлифовании каждым следующим сортом бумаги стараются двигать сталь по бумаге так, чтобы получаемые при этом риски ложились в перпендикулярном направлении к тем рискам, которые были получены от обработки на предыдущем более грубом сорте (работа может производиться на вращающихся дисках). После шлифования кусочек стали полируют на вращающемся со скоростью 300—400 об/мин. суконном кружке, смачиваемом крокусом (окисью железа), размешанным в воде. Полирование продолжается до тех пор, пока не получится совершенно гладкой зеркальной поверхности. Продолжительность шлифования и полирования шлифа — 15—30 минут, однако при пользовании современным оборудованием лабораторий может быть сокращена до 10 минут. *После этого шлиф протравляют кислотным раствором.*

После травления, продолжающегося, в зависимости от реактива, для незакаленной стали от 1 до 15 минут, для закаленной и специальной стали — дольше чем для углеродистой незакаленной стали, шлиф, промытый водой, а затем спиртом, становится годным для исследования под микроскопом.

---

[1]) Ликвации.

[2]) St. Eisen 1921, Nr 32, стр. 1024, Dr. Ing. Ad. Fry, так же см. Chem. and metallurg. Eng., 1922, стр. 349.

[3]) Работа ведется в резиновых перчатках.

[4]) Травление продолжается от 2 до 20 минут.

Имеется очень много рецептов реактивов. Очень употребительным и пригодным для всех технических сортов стали является реактив Ижевского: раствор 4 *г* кристаллической пикриновой кислоты в 100 *см*³ этилового спирта. Этот реактив применяется для первой ориентировки и быстрого исследования шлифа (трудно окисляемые сорта специальной стали требуют более остро действующей протравы). Отожженный материал травится в течение $^1/_2$—1 минуты, закаленный материал продолжительнее — до 15 минут; с течением времени реактив начинает действовать скорее.

Для исследования структуры незакаленной углеродистой стали и чугуна применяется пикрат натрия: 100 *см*³ раствора едкого натра (25 *г* NaOH на 75 *см*³ воды) настаиваются на 2 *г* кристаллической пикриновой кислоты на водяной бане в продолжение $^1/_2$ часа; затем сливают образовавшийся раствор пикрата натрия и хранят его в хорошо закупоренном темном сосуде. Применяется также реактив Стеда: 10 *г* хлорной меди ($CuCl_2$), 40 *г* хлористого магния ($MgCl_2$), 10 *см*³ соляной кислоты (HCl), 20 *см*³ воды и 1000 *см*³ спирта; соли следует растворить в возможно меньшем объеме горячей воды, после чего долить 1000 *см*³ чистым спиртом.

На образцы малых размеров реактив Стеда наносится капля за каплей, пока не проявится структура, после чего образец промывается кипящей водой, а затем спиртом. Реактив Стеда чаще применяется, для исследования макроструктуры.

Для исследования закаленной и отпущенной стали применим реактив Курбатова (А): 4% раствор HNO_3 (уд. вес 1,42) в изоамиловом спирте. После травления (продолжительностью 5 минут) этим реактивом мартенсит обнаруживается белой окраской, аустенит — желтой, троостит и сорбит — коричневой. Для исследования этой же стали также применим реактив: 10% раствор соляной кислоты в этиловом спирте.

Для исследования специальной стали применимы следующие реактивы: реактив Мураками (применять в горячем состоянии) — 10 *г* красной кровяной соли $[K_3Fe(CN)_6]$ + 10 *г* KOH + 100 *см*³ воды. Реактив Яцевича — 10 *см*³ перекиси водорода (H_2O_2 — технической) + 20 *см*³ 10% водного раствора NaOH. Травление быстрорежущей стали реактивом Яцевича — 10—12 минут, карбид вольфрама обнаруживается темной окраской; реактив Яцевича следует применять сразу после его изготовления.

Для исследования меди и медных сплавов [1]) можно рекомендовать 50% раствор концентрированной азотной кислоты в воде.

Для исследования бронзы, нейзильбера и пр. пригоден реактив из 10 *см*³ крепкого аммония и 1—2 *см*³ перекиси водорода (торгового качества); этот реактив наносят на шлиф при помощи кусочка шерстяной материи, которой трут (не сильно) по шлифу, пока не проявится структура.

Для исследования никеля и никелевых сплавов одним из лучших является реактив Мерика: 50 *см*³ 70% азотной кислоты + 50 *см*³ 50% уксусной кислоты.

Для исследования алюминия применяется едкий натр (NaOH, 0,1—10%) в воде или раствор NaOH 0,1% в (10—50%) спирте; для алюминиево-магниевых сплавов применяется раствор HNO_3 1% в спирте; для алюминиево-медных сплавов — пикриновая кислота (4% в спирте).

Для исследования баббитов пригодны реактивы: 2% раствор азотной кислоты в спирту (для богатых оловом сплавов); азотная кислота — 5%

---

[1]) См. A. S. T. M. Designation *E* 5—27.

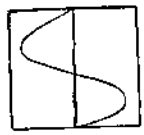
раствор в воде (для богатых свинцом сплавов), соляная кислота — 5% раствор в воде (для богатых цинком сплавов).

Увеличение микроскопа для металлографических исследований не требуется особенно большое; наиболее употребительны 50 или 100.

Для фотографии шлифов в Америке нормализованы увеличения: 10, 25, 50, 75, 100, 200, 500, 1000.

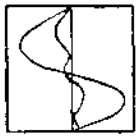
Испытание деталей травлением производится с целью обнаружить мелкие незаметные простым глазом трещинки, начинающиеся у поверхности детали. Травление закругляет острые наружные кромки волосяных трещинок и кроме того удаляет окалину, вследствие чего трещины становятся хорошо видимы (все же следует пользоваться 3х или 6х лупой). Травление однако обнаруживает лишь поверхностные трещины, кроме того для готовых деталей и для крупных заготовок оно непригодно, вследствие чего этот способ имеет лишь ограниченное применение.

Испытание деталей магнитным полем производится также с целью обнаружить в стальных деталях трещины, раковины, пустоты и пр. Этот сравнительно молодой способ имеет крупные преимущества



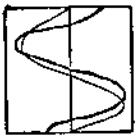
Хорошая мелкозернистая сталь

Рис. 58.



Сталь с крупным зерном

Рис. 59.



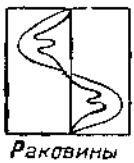
Сталь с очень крупным зерном

Рис. 60.

перед испытанием деталей на трещины травлением, так как позволяет с большой быстротой производить массовые испытания, обнаруживает внутренние пороки и дает даже представление о величине кристаллов материала. Контрольные магнитные установки применяются главным образом в самолетостроении и автомобилестроении, так как здесь незаметные на глаз трещины и пороки материала, из которого изготовлены детали, могут повести к крупным катастрофам.

Мелкие трещины

Рис. 61.



Раковины

Рис. 62.

Испытание осуществляется двумя принципиально различными способами. Первый способ — для массового испытания пруткового материала — осуществляется на приборе, состоящем из двух соединенных последовательно спиральных обмоток, через которые пропускается электрический ток.

Внутри каждой из обмоток имеется по второй спирали, в которой возбуждается электрический ток, когда в катушку вдвигается стальной сердечник — испытуемый пруток (скорость продвижения прутка может быть около 0,10—0,20 *м* в сек., но не больше 0,25 *м* в сек.)

Возникший во вторичной обмотке ток регистрируется самозаписывающим осциллографом; примерные записи — диаграммы — изображены на рис. 58—62. Таким способом испытывается прутковый материал до ∅ 180 *мм*.

Второй способ в особенности пригоден при серийном или массовом производстве для испытания готовых деталей на пороки материала. Для испытаний служат специально сконструированные применительно к конфигурации проверяемой детали электромагниты, на оба полюса которых накладывается исследуемая деталь. Деталь поливается специальными „магнитными" чернилами, состоящими из жидкости, в которой во взвешенном состоянии находятся мельчайшие железные стружки от опиливания.

Если материал детали имеет трещины, выходящие на поверхность, то вдоль трещин густо расположатся железные частицы чернил и сделают таким образом трещины хорошо видимыми. Аналогичный способ иногда применяют в инструментальном деле для обнаружения незаметных на глаз закалочных трещин.

Рентгенографическое исследование металлов применяется: 1) для выявления пороков материала, полуфабрикатов и готовых изделий без разрушения последних — для выявления раковин, пустот, посторонних включений в отливках, в сварочных швах и пр. (так называемое макроскопическое исследование) и 2) для исследования строения металла и состояния его кристаллов (так называемое субмикроскопическое исследование). При первом виде исследования (макроскопическом) требуется большое напряжение электрического тока — от 50 000 до 300 000 вольт, необходимое для работы рентгеновских ламп и фотографирования изображения. Второй вид исследования (субмикроскопический) требует значительно менее сложной аппаратуры и небольшого вольтажа. Ниже

Сила тока, вольтаж и выдержка при фотографировании материалов различной толщины.

Материал	Толщина материала *мм*	Электрический ток		Время выдержки при съемке в сек.
		mA	kV	
Алюминий и легкие сплавы	5	5	50	30
	10	5	50	60—100
	30	5	70	100—120
Латунь	1	5	70	120
Медь	1	5	70	120
	10	1,5	180	200
	30	2,5	100	7500
Железо и сталь	10	1,5	180	2
	20	1,5	180	15
	30	1,5	180	150
	60	1,5	180	22000

приведена табличка, [1]) составленная по экспериментальным данным, дающая представление об условиях рентгенографического испытания при макроскопическом исследовании. Чувствительность испытания раковин и пр. как видно из другой таблицы, может быть доведена при распознавании воздушных пустот толщиною до 0,5 *мм* (таблица составлена для алюминия толщиной 40 *мм*). [2])

Чувствительность рентгенографического испытания на обнаружение пустот.

Напряжение kV	Наименьшая обнаруживаемая пустота в *мм*	Время выдержки при съемке в сек.
50	0,5	720
80	0,6	210
100	0,7	60
130	0,9	30
170	1,2	10

Необходимый вольтаж и время выдержки при съемке тем больше, чем выше атомный вес просвечиваемого материала.

Длина волны X-лучей того же порядка, как и расстояние между атомами в кристалле. Это свойство X-лучей дает возможность исследовать строение кристалла (субмикроскопическое исследование). По наиболее распространенным методам Дебай-Шерер или Лауе можно получить снимки рентгеновского спектра, дающее представление о наличии наклепа материала, позволяющие определить, произошла ли рекристаллизация при отжиге и т. п. Такие сведения важны при волочении проволоки, вытягивании листового материала и пр. Необходимо отметить, что, если макроскопический метод уже достаточно разработан и уже довольно широко применяется на крупнейших заводах, то субмикроскопический еще имеет ряд трудностей, задерживающих его внедрение в производство.

Испытание стали при помощи искр. Приблизительное определение сорта стали при помощи искр, получающихся при шлифовании, может принести большую услугу при сортировке складов, при необходимости немедленного распознавания сорта стали в мастерских и пр. В опытных руках, в особенности при наличии эталонных брусков, этот способ дает возможность распознавать углеродистую сталь с точностью до 0,2% углерода (за исключением сортов с особо высоким содержанием углерода) и специальную сталь на содержание вольфрама и марганца.

Для работы лучше пользоваться ручным электрическим шлифовальным прибором с таким числом оборотов, чтобы получать окружную скорость кружка ≈ 25 *м*/сек.; величина зерна кружка, связка, а также сила нажатия кружка на окраску искр и их форму не влияют, но сказываются лишь на длине пучка—в особенности сила нажатия.

При малом содержании углерода оторвавшиеся от куска образца частицы железа требуют больше времени на окисление воздухом до температуры, при которой начинает происходить их свечение. Достигнув этой температуры, они загораются и потом постепенно гаснут. При нали-

[1]) По v Schwarz
[2]) По Neef, Zeitr. f. Techn. Phys., 1925, 208

чии же в стали углерода повышение температуры при окислении оторванных кружком частиц железа воспламеняет углерод (карбид железа), который бурно сгорает и этим вызывает отклонение искр от прямого пути и образование звездочек — в тем большей степени, чем больше содержание углерода. При наблюдении за искрами следует обращать внимание: 1) на длину искр, 2) на расстояние от кружка, при котором *искры начинают светиться*, 3) на количество и характер звездочек и 4) на окраску искр.

Искры главнейших материалов характеризуются следующим образом:

1. *Сварочное железо:* длинные желтые искры, прямые в центре, с ответвлениями по краям, без звездочек, обычно с утолщениями на конце пути искр.

2. Сталь с малым содержанием углерода (0,1%); искры подобны искрам сварочного *железа, светлосоломенного цвета, имеют немного* углеродистых звездочек и боковых ответвлений.

3. Сталь со средним содержанием *углерода (0,5% С): искры* более темного — золотого, медножелтого цвета, увеличение числа звездочек, больше ответвлений.

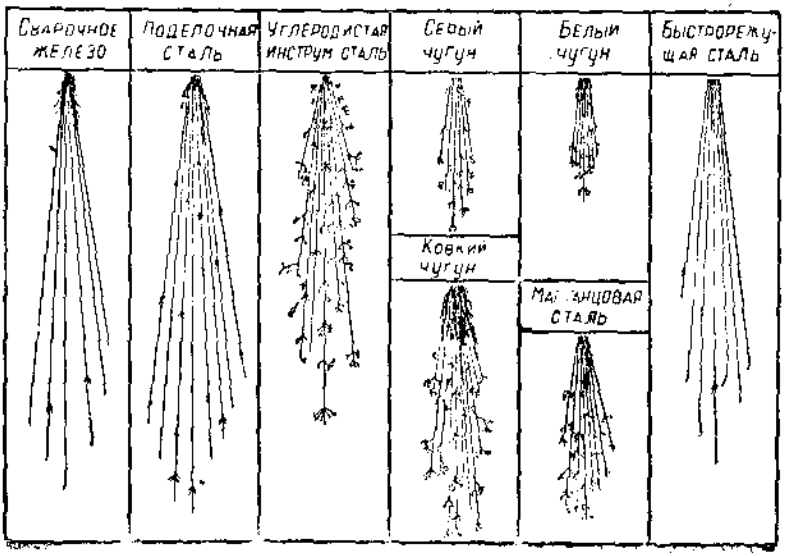
4. Высокоуглеродистая инструментальная сталь (1,0% С): более короткие искры, много звездочек и ответвлений, широкий *пучок искр*, окраска делается более красноватой.

5. Белый чугун: искры подобны искрам высокоуглеродистой стали, но заметна окраска кирпичнокрасного цвета вблизи от кружка.

6. Серый чугун: искры кирпично-красного цвета, тонкие и прямые, лишь с редкими звездочками (вызванными содержанием углерода и марганца).

7. *Быстрорежущая сталь:* длинные тусклые искры красноватого цвета.

8. *Марганцовая сталь:* довольно широкий пучок искр (несколько



более коротких, чем у быстрорежущей и высокоуглеродистой стали), с сильно разветвленными звездочками на конце, белого цвета.

Выше приведены схематические изображения искр для различных материалов.

3. ДОПУСТИМЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ.

1. Допустимые напряжения в машиностроении.

Величины, характеризующие физические свойства и прочность материалов, приведены ниже в статьях об этих материалах. При расчетах же изделий на прочность руководствуются так называемыми величинами допустимых напряжений, которые должны быть не только значительно ниже разрушающих материал напряжений, но и ниже таких напряжений, после прекращения действия которых остаются заметные деформации.

Коэфициент безопасности (запас прочности) в настоящее время понимается различно. Но так давно всеми признавалось, что коэфициент безопасности есть отношение между временным сопротивлением (разрушающим напряжением) материала и допускаемым напряжением; величины коэфициента безопасности, основанные на таком определении, можно еще встретить во всех официальных указаниях относительно допустимых напряжений и почти во всех книгах. В последние же годы под коэфициентом безопасности начинают понимать другую величину — отношение между напряжением материала, начиная с которого возникают недопустимые деформации, и допустимым напряжением. При настоящем состоянии знания можно признать наиболее целесообразным принимать запас прочности по отношению к пределу упругости материала; часто также задаются коэфициентом *безопасности относительно* предела текучести, который почти всегда указывается в таблицах, характеризующих механические свойства материала. При переменных нагрузках коэфициент безопасности можно принимать относительно предела усталости материала.[1]

Величина коэфициента безопасности подбирается для каждого данного случая такою, чтобы учесть факторы, трудно поддающиеся расчету (например недостаток однородности материала), напряжения, не поддающиеся точному количественному определению (напряжения от нагревания, от внезапно действующей нагрузки), влияние коррозии на понижение механических свойств и пр.

Пример 1. Если $\sigma_b = 100$ *кг/мм²*, а допускаемое напряжение $R_s = 20$ *кг/мм²*, то коэфициент безопасности по старому определению:

$$n = \frac{\sigma_b}{R_s} = \frac{100}{20} = 5.$$

---

[1] Вопрос о коэфициенте безопасности в настоящее время еще оживленно обсуждается в заграничной технической печати; окончательной, общепринятой формулировки еще не установлено. Одним из наиболее удачных предложений можно считать предложение Rotscher'a: коэфициент безопасности $S = S_1 \cdot \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot \xi_3$ и т. д. Эти последние коэфициенты ξ должны учитывать как род напряжения, так и свойства материала, форму изделия и пр. В данном случае увеличение коэфициента безопасности S не означает увеличения запаса прочности (в буквальном смысле этих слов), оно лишь показывает, насколько предварительно принятую величину S_1 оказалось необходимым увеличить, чтобы действительные напряжения не стали чрезмерно большими. Практическому приложению ф-лы Rotscher'a мешает одно: отсутствие до настоящего времени таблиц значений коэфициентов ξ для разных случаев практики.

Пример 2. Если понимать коэфициент безопасности применительно к новому определению его величины, приведенному в книге, то при пределе текучести материала $\sigma_s = 50$ *кг/мм²* и *допускаемом напряжении* при спокойной нагрузке $R_z = 20$ *кг/мм²* коэфициент безопасности

$$n = \frac{\sigma_s}{R_z} = \frac{50}{20} = 2{,}5.$$

Величина допустимых напряжений. 50 лет тому назад проф. Бах[1] разработал таблицы допустимых напряжений; этими таблицами большей частью пользуются и теперь. Таблицы были построены им для трех случаев напряжений (рис. 63), I — для спокойной нагрузки; II — для произвольно часто меняющейся нагрузки в одном направлении — от нуля до определенной величины — и затем *обратно до нуля*, напр. изгиб, часто повторяющийся в одном направлении; III — для произвольно часто изменяющейся нагрузки в противоположных направлениях и меняющейся от некоторой положительной величины до такой же отрицательной величины, и наоборот (напр. повторяющееся скручивание по двум противоположным направлениям). При внезапном действии усилий (ударе) Бах рекомендовал приведенные в его таблице величины уменьшать. Таблица Баха была составлена в предположении трехкратного коэфициента безопасности относительно разрушающего напряжения (рис. 63).

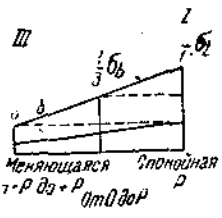


Рис. 63.

Ниже приведена таблица допустимых напряжений, несколько отличающаяся от предложенной проф. Бахом — главным образом коэфициентами, учитывающими способ *приложения нагрузки (т. е. I, II и III). Для II случая нагрузки* напряжения взяты несколько меньшие, чем предлагал проф. Бах, для III случая — несколько большие.[2])

Приведенная ниже таблица допустимых напряжений в настоящее время является пока единственной общепризнанной авторитетной таблицей, рекомендуемой для пользования в общих случаях, но она уже в значительной степени устарела, так как не исчерпывает всех материалов и случаев работы конструкций, построена относительно величин временных сопротивлений, имеет одинаковый коэфициент безопасности для разных материалов, что по современным воззрениям неполно верно, и не учитывает результатов многих исследований, произведенных за последние годы. Поэтому в настоящее время имеется ряд других предложений таблиц допустимых напряжений для различных материалов, два из которых приведены на стр. 206—207 и 208. Однако ни одно из этих предложений, включая и помещенные на стр. 206—207 и 208, пока не может считаться проверенным и достаточно удовлетворительным *для всех случаев практики. По всей вероятности в ближайшие годы* уже будут разработаны удовлетворительные для ближайших лет таблицы для расчетов прочности металлических конструкций, обобщающие материал многочисленных исследований.

---

[1]) Умер 10 окт. 1931 г.

[2]) При составлении таблицы Bach принял допущение Wöhler'a, что разрушающие напряжения в каждом из перечисленных выше трех случаев относятся друг к другу как 3 : 2 : 1. В основу же помещенной на стр. 205 таблицы допустимых напряжений вместо этих коэфициентов 3 : 2 : 1 приняты коэфициенты 2,1; 1,2; 1, учитывающие главным образом исследования Баушингера.

Допустимые напряжения для железа и стали

(в *кг см*²).

Род сопротивления и нагрузки		Сварочное железо [1])	Литое железо [2]) от	Литое железо [2]) до	Литая сталь [2]) от	Литая сталь [2]) до	Стальное литье [2]) от	Стальное литье [2]) до	Чугун	Красная медь, прокатанная в листах
Растяжение R_z . . .	I	900	900	1500	1200	1800	600	1200	300	600
	II	540	540	900	720	1080	360	720	180	360
	III	450	450	750	600	900	300	600	150	—
Сжатие R_d	I	900	900	1500	1200	1800	900	1500	900	
	II	540	540	900	720	1080	540	900	540	
Изгиб R_b	I	900	900	1500	1200	1800	750	1200	—	
	II	540	540	900	720	1080	450	720	—	
	III	450	450	750	600	900	375	600	—	
Срез R_s	I	720	720	1200	960	1440	480	960	300	
	II	430	430	720	580	860	290	580	180	
	III	360	360	600	480	720	240	480	180	
Кручение $R_{кр}$	I	360	600	1200	900	1440	480	960	—	
	II	210	360	720	540	860	290	580	—	
	III	180	300	600	450	720	240	480	—	

Таблицы допустимых напряжений новейшего времени. Таблица на стр. 206—207, составленная проф. Боком, построена на основании следующих соображений: Для I случая нагрузки (см. стр. 204) допустимые напряжения на растяжение подсчитаны в зависимости от предела текучести σ_s, т. е. такого напряжения, после действия которого остающееся удлинение не превосходит 0,2% длины бруска. Допустимое напряжение R_z в этом случае принято равным от 0,5 σ_s до 0,5 σ_s 1,33 (последняя величина может применяться лишь при условии точного определения величины всех действующих усилий, включая усилия от расширения при нагревании и пр.). Таким образом, здесь принят приблизительно двукратный запас прочности относительно σ_s. Для II и III случаев нагрузки

---

[1]) Для сварочного железа очень хорошего качества указанные в таблице цифры могут быть повышены каждый раз на величину до 1/3, если назначение соответствующей части сооружения допускает увеличение деформаций.

[2]) Большие цифры можно брать только для вполне надежного во всех отношениях материала. *Для проволоки можно брать бо́льшие значения R_z в соответствии с более высоким* сопротивлением растяжению. Бо́льшие значения R_z можно брать также для специальных сортов стали, отличающихся большим сопротивлением и высоким пределом упругости. При выборе допустимых напряжений для стального литья необходима известная осторожность, чем большая, чем менее надежным является источник, из которого данный материал получен.

допустимые напряжения построены в зависимости от сопротивления усталости σ_w (см. стр. 169).

Допустимое напряжение (наибольшее) в этих случаях принято: для II случая $R_z = \frac{1{,}3\,\sigma_w}{2}$, для III случая $R_z = \frac{\sigma_w}{2}$.

Таблица наивысших допустимых

Металл	σ_b кг/мм²	σ_s кг/мм²
Сталь с 0,25% C отожженная	42	24
То же „улучшенная" [2])	47	28
Сталь с 0,35% C отожженная	50	28
То же „улучшенная" [2])	55	33
Сталь с 0,45% C отожженная	60	34
То же „улучшенная" [2])	65	39
Сталь с 0,60% C отожженная	70	40
То же „улучшенная" [2])	75	45
Хромоникелевая сталь „улучшенная", вязкая (Ni = 1,5%, Cr = 0,5%, C = 0,25—0,40%)	65—75	49—42
То же „улучшенная" твердая	75—85	52—60
Хромоникелевая сталь „улучшенная" вязкая (Ni = 3,5%, Cr = 0,75%, C = 0,25—0,4%)	75—90	56—67
То же „улучшенная" твердая	90—105	67—79
Хромоникелевая сталь (Ni = 4,5%, Cr ≧ 0,8%, C ≈ 0,3%)	90	> 54
То же „улучшенная" вязкая	100—110	80—88
То же „улучшенная" твердая	110—130	100—115
Стальное литье отожженное	45	27
То же	60	27
Чугун серый	12	—
Чугун специальный	25	—
Медь электролитическая отожженная	22,4	4,4
Бронза (5% Sn, 95% Cu)	32	—
Латунь (Cu = 60%), отожженная	48	—
Латунь (Cu = 72%), отожженная	34,2	11,2
Дуралюминий отожженный	26	22
То же „улучшенный"	47	38
Склерон	52	38
Лауталь „улучшенный"	32	19
Силумин	17,5	—
Электрон (мягкий)	31	—

[1]) По проф. Боку. Таблица помещена *лишь для ориентировки при выборе допустимых* на каждой задачи в отдельности.

[2]) Под „улучшенной" сталью понимается сталь, закаленная в виде с температуры на 30°—50°

[3]) Этот коэфициент указывает, насколько *уменьшается сопротивление* усталости, если поверхность (например, если принять для полированного образца σ_w = 2100 кг/мм², то грубо ...

Наименьшие значения допустимых напряжений для II и III случаев вычислены в зависимости от сопротивления усталости при поврежденной поверхности детали; как показали исследования, царапины, насечки и проч. повреждения поверхности бруска понижают сопротивление усталости на 20—50% (см. графу „коэфициент снижения σ_w").

напряжений на растяжение. [1])

σ_w кг/мм²	Коэфициент снижения σ_w [3])	Допустимое напряжение R_s (кг/см²) для случаев нагрузок		
		I	II	III
21	0,20	1200—1400	1000—1300	850—1070
23	0,20	1400—1650	1200—1500	900—1150
24	0,22	1400—1650	1150—1500	900—1200
26	0,22	1650—1900	1300—1700	1000—1300
27	0,23	1700—2000	1300—1750	1050—1350
30	0,25	1850—2150	1500—2000	1100—1500
32	0,25	2000—2350	1600—2100	1200—1600
35	0,30	2250—2600	1650—2300	1250—1750
35	0,25	2100—2400	1700—2300	1300—1750
39	0,30	2600—3000	1750—2500	1350—1900
40	0,25	2800—3300	2000—2600	1500—2000
50	0,35	3300—3800	2300—3300	1600—2500
41	0,30	2700—3000	1900—2700	1500—2100
53	0,35	3200—4000	2300—3500	1750—2700
57	0,45	3600—4500	2000—3700	1850—2850
20	?	1300	700—1000	550—800
25	?	1800	850—1200	700—1000
7	0	400	350	280
14	0	800	700	560
9	0,22	220	—	—
16	?	800	560—800	450—640
15,5	?	1200	520—750	420—600
14	0	800	700	560
10	0,33	900	450—650	350—500
12	0	1600	800	600
11	0,31	1600	500—700	400—550
10	?	1000	650	500
4	?	300	170—250	150—200
11	0,1	1000	600—700	500—550

ний: она непригодна для непосредственного применения без тщательного анализа

критической температуры и затем отпущенная до температуры 600°.

гладкой полированной поверхности образец будет иметь поврежденную шероховатую по-

ный образец при $k = 0,20$ будет иметь $\sigma_w = 2100 - 0,2 \cdot 2100 = 1680$ кг/мм²).

Наибольшее допустимое напряжение на растяжение для различных материалов. [1])

Материал	Сопротивление разрыву σ_b *кг/см²*	Предел текучести σ_s *кг/см²*	Сопротивление усталости σ_w *кг/см²*	Случаи напряжений I: R_z *кг/см²*	II: R_z *кг/см²*	III: R_z *кг/см²*
Сталь кованная	3700	2040	1800	$\frac{2040}{1,4} = 1460$	1180	$\frac{1800}{2} = 900$
	5000	2750	2200	$\frac{2750}{1,4} = 1960$	1530	$\frac{2200}{2} = 1100$
	7000	4200	3000	$\frac{4200}{1,5} = 2800$	2170	$\frac{3000}{2} = 1500$
Стальное литье	2800 6000	2100	1600	$\frac{2100}{1,4} = 1500$	1150	$\frac{1600}{2} = 800$
Чугун обыкновенный	1400 ($\sigma_u = 2800$)	—	450 ($\sigma_{wu} = 820$) [2])	$\frac{1400}{3} = 470$ $\left(R_b = \frac{2800}{3} = 930\right)$	350 ($R_b = 670$)	$\frac{450}{2} = 225$ $\left(\frac{820}{2} = 410\right)$
Чугун высокосортный	2600 ($\sigma_u = 4600$)	—	900 ($\sigma_{wu} = 1400$) [2])	$\frac{2600}{3} = 870$ $\left(\frac{4600}{3} = 1530\right)$	660 (1120)	$\frac{900}{2} = 450$ $\frac{1400}{2} = 700$
Латунь (Cu = = 68%) литая		(1000)	(600)	$\left(\frac{1000}{1,7} = 590\right)$	450	$\left(\frac{600}{2} = 300\right)$
Латунь (Cu=59%) отожженная		(1500)	(1200)	$\left(\frac{1500}{1,6} = 940\right)$	(770)	$\frac{1200}{2} = 600$
Латунь волоченая		(2900)	1800	$\left(\frac{2900}{1,8} = 1610\right)$	(1260)	$\frac{1800}{2} = 900$

[1]) По данным F. Reischer'a. [2]) σ_{wu} — сопротивление усталости при испытании на изгиб.

На стр. 208 приведена другая таблица [1]) наивысших значений допустимых напряжений, в основу которой положены несколько отличающиеся от вышеуказанных положения. Коэфициент безопасности для первого случая нагрузки принят различным для разных материалов: большее значение принято для мягких металлов, так как σ_b и σ_s определяются для них обычно при кратковременном действии силы, при работе же конструкции усилия обычно действуют продолжительное время; для стали с бо́льшим σ_b принят больший коэфициент безопасности, так как у такой стали отношение σ_s к σ_b больше чем у стали с малым σ_b (т. е. относительно меньше разница между σ_b и σ_s). Величины допустимых напряжений таблицы названы наибольшими потому, что в действительности следует принимать меньшие значения для R_s, чем указаны в таблице, так как последняя не учитывает ряда факторов, напр. внезапного приложения нагрузки (удара), неточности определения действующих на деталь усилий, возможных надрезов и насечек и повреждения поверхности детали, возможной коррозии ее поверхности, внутренних напряжений детали, оставшихся от отливки или прокатки, повышения температуры и температурных напряжений (от расширения) при работе и т. д.

Обе таблицы (по Боку и Ретшеру) дают наибольшее допустимое напряжение при растяжении. Чтобы определить допустимые напряжения при сдвиге, кручении и других видах нагрузки, нужно умножить величины R_s на соответствующие коэфициенты (см. статьи об испытании на срез, на кручение, на сопротивление усталости). Для чугуна эти коэфициенты и при статическом напряжении (первый случай действия силы) зависят от формы сечения бруска. В приведенной ниже табличке приведены коэфициенты, на которые следует умножать величину допустимого напряжения на изгиб необработанного литого чугунного бруска круглого сечения, принятое за единицу (так как большей частью ограничиваются испытанием чугунных прутков на изгиб).

Коэфициенты, определяющие допустимые напряжения чугуна для различных сечений.

Нагрузка \ Форма сечения				I	H	T	C
Изгиб: Обработанн.	1		0,8	0,74	1,0	0,7	
Изгиб: Необработ.	1,2		0,95	0,9	1,2		
Кручение необработанн.	0,5—0,6	0,4—0,45	0,7—0,86	0,8—0,93			0,57—0,64
Растяжение обработанн.	0,5—0,56						
Сжатие	1,5—7						

[1]) По данным F. Rötscher'a.

2. Допустимые напряжения в строительном деле.

По „Единым нормам *строительного проектирования*", применяемым для сооружений, металл должен обладать свойствами, указанными в помещенной ниже таблице. Если указанные материалы отсутствуют, разрешается применять в *конструкциях* сталь 3 пониженную ($\sigma_b = 38-45$ *кг/см²*, $\delta \geq 18\%$), сталь 2 пониженную ($\sigma_b = 34-42$ *кг/мм²*, $\delta \geq 20\%$) и сталь 1 пониженную ($\sigma_b = 32-40$ *кг/мм²*, $\delta \geq 18\%$). Допустимые напряжения при этом принимаются: для стали 3 и 2 пониженной $R_z = 1200$ *кг/см²* (1450 *кг/см²*), для стали 1 пониженной $R_z = 1000$ *кг/см²* (1250 *кг/см²*). В скобках указаны *цифры*, относящиеся к действию основных и случайных нагрузок.

Свойства металла для строительных целей. [1])

Назначение	Материал	Временное сопротивление разрыву σ_b *кг/мм²*	Наименьший предел текучести σ_z *кг/мм²*	Удлинение δ %
Конструкция	1. Сталь 3	38—45	23	22
	2. Сталь 5, повышенная	50—60	30	18
	3. Сталь специальная .	48—62	36	20
Опорные части	1. Сталь литая Л 1 .	36	—	16
	2. Сталь литая Л 2 .	50	—	10
	3. Сталь литая Л 2 пониженная	48	—	8
	4. Сталь 5	50—60	—	16
	5. Чугун { сжатие . . .	60	—	—
	5. Чугун { растяжение	20	—	—
Заклепки	1. Сталь 2	34—42	20	25
	2. Сталь 3	38—45	23	22
	3. Сталь повышенная .	45—55	27	22
	4. Сталь специальная .	45—55	36	22

Допустимые напряжения для перечисленых *выше материалов (прокатных)* указаны ниже в таблице. Под основными допустимыми напряжениями, обозначенными в таблице, понимаются допустимые напряжения на сжатие и на разрыв (для стали) и на *сжатие (для чугуна)*. Переходные коэфициенты указывают, на сколько нужно умножить основное допустимое напряжение, чтобы получить заданный вид допустимого напряжения.

[1]) Из „Единых норм строительного проектирования", изд. 1931 г.

Допустимые напряжения в строительном деле для прокатных металлов. [1])

Назначение	Материалы / Напряжение кг/см²	Сталь 3		Сталь 5 повышенная		Сталь специальная		Переходный коэфициент
	Основное допустимое	1400	1700[2])	1750	2100[2])	2100	2500[2])	
Основные конструкции	На срезывание . .	1050	1270	1300	1570	1570	1880	0,75
Заклепки в сооружениях с прочными швами	На срезывание:							
	В	1100	1360	1400	1680	1680	2000	0,80
	С	950	1180	—	—		—	0,67
	На смятие:							
	В	2800	3400	3500	4200	4200	5000	2,00
	С	2400	2900	—	—	—	—	1,70
	На отрыв:							
	В и С	840	1020	1050	1260	1260	1500	0,60
Точеные болты	На срезывание: . .	1100	1360	1400	1680	1680	2000	0,80
	На смятие:	2800	3400	3500	4200	4200	5000	2,00
Неточеные болты	На срезывание: . .	840	1020	—	—	—	—	0,60
	На смятие:	1700	2050	—	—	—	—	1,20
Анкерные болты	На растяжение: . .	1050	1270	1300	1570	1570	1880	0,75

Цифры таблицы по В относятся к заклепкам, которые устанавливаются при помощи пневматических молотков или ручной клепкой, причем отверстия под заклепки изготовляются в отдельных деталях поодиночке на станках (сверлением или пробиванием), а затем — в обеих деталях совместно — рассверливанием на стеллажах.

[1]) Из „Единых норм строительного проектирования", изд. 1931 г.

[2]) Относятся к напряжениям, возникающим вследствие совместного действия основных и случайных нагрузок.

Цифры таблицы по С относятся к заклепкам, установленным в продавленных и нерассверленных отверстиях.

Допустимые напряжения в строительном деле для заклепок прочно-плотных соединений. [1])

(Величины напряжения выражены в *кг/см²*.)

Напряжение \ Материалы	Сталь 3 или 4		Переходные коэфициенты
Основное допустимое	1400	1700 [2])	
На срез:			
В	1000	1200	0,7
С	840	1000	0,6
На смятие:			
В	2400	2900	1,7
С	2100	2550	1,5
На отрыв:			
В и С	560	680	0,4

Допустимые напряжения для дерева. [3])

(в *кг/см²*.)

Порода дерева	Растяжение		Сжатие		Скалывание		Изгиб	Скалывание при неравномерном распределении напряжений вдоль волокон	Смятие торца торцом вдоль волокон
	Вдоль волокон	Поперек волокон	Вдоль волокон	Поперек волокон	Вдоль волокон	Поперек волокон	Вдоль волокон		
Сосна	110	2	100	16	12	6	110	22	70
Дуб	130	6	120	32	18	9	130	32	100

[1]) Из „Единых норм строительного проектирования" изд. 1931 г.

[2]) Отнесенных к напряжениям, возникающим вследствие *совместного действия* постоянных и случайных нагрузок.

[3]) Составлено по „Нормам строительного проектирования", изд. 1930 г.

Для лиственниц следует принимать 1,1, для ели, пихты и кедра — 0,9 от допустимого напряжения для сосны.

Для ясеня следует принимать 0,9, для бука и граба — 0,8 допустимого напряжения для дуба.

Модуль упругости E дерева на сжатие вдоль волокон (определяющий сопротивление продольному изгибу) можно принимать: для сухого леса $E = 110\,000$ *кг/см²*, для полусухого $E = 90\,000$ *кг/см²*, для сырого $E = 70\,000$ *кг/см²*. [1])

Приближенно можно рассчитывать деревянные стойки на продольный изгиб по формуле Эйлера.

$J_{min} = 70\ Pl^2$ до $100\ Pl^2$. Меньшее значение для J принимается для временных сооружений.

Допустимые напряжения для каменной кладки. [1])

Материал	Допустимое напряжение в зависимости от раствора *кг/см²*
Кладка из штучных камней	
1. Камень пород средней твердости ($\sigma_{сж} \geqq 450$ *кг/см²*)	50
2. Камень твердых пород ($\sigma_{сж} \geqq 600$ *кг/см²*)	65
3. Камень очень твердых пород ($\sigma_{сж} \geqq 800$ *кг/см²*) . .	80
Бутовая кладка	
1. Камень мягких пород ($\sigma_{сж} \approx 200$ *кг/см²*)	8—20
2. Камень пород средней твердости ($\sigma_{сж} \approx 350$ *кг/см²*) .	10—30
3. Отборный камень пород средней твердости ($\sigma_{сж} \geqq 350$ *кг/см²*)	25—40
Кладка из искусственных камней	
1. Пористый кирпич ($\sigma_{сж} \approx 40$ *кг/см²*)	7—9
2. Пустотелый кирпич ($\sigma_{сж} \approx 60$ *кг/см²*)	8—11
3. Кирпич ОСТ 101 ($\sigma_{сж} \geqq 60-80$ *кг/см²*). Бетонитовые камни ($\sigma_{сж} \approx 70$ *кг/см²*)	9—13
4. Кирпич ОСТ 101 повышенного качества ($\sigma_{сж} \geqq 120$ *кг/см²*) Силикатный кирпич ОСТ 416 ($\sigma_{сж} \geqq 120$ *кг/см²*)	11—20
5. Клинкер ($\sigma_{сж} \geqq 250$ *кг/см²*)	25—35

[1]) Составлено по „Нормам строительного проектирования", изд. 1930 г.

Допустимые напряжения отливок, применяемые в строительстве. [1])

(Величины напряжений выражены в *кг/см²*).

Материалы / Напряжение	Сталь Л 1		Сталь Л 2 пониженная		Сталь Л 2		Сталь Л 5		Переходный коэфициент	Чугун		Переходный коэфициент
Основное допустимое	1200	1500	1500	1800	1800	2100	2000	2500		1000	1200	
На срез	900	1150	1150	1350	1350	1600	1500	1850	0,75	250	300	0,25
На сжатие	1200	1500	1500	1800	1800	2100	2000	2500	1,00	1000	1200	1,00
На растяжение	1200	1500	1500	1800	1800	2100	2000	2500	1,00	250	300	0,25
На изгиб	1200	1500	1500	1800	1800	2100	2000	2500	1,00	−1000 +400	−1200 +480	1 0,4
На местное смятие												
Плотное касание	850	1100	1100	1300	1300	1500	1400	1800	—	650	780	—
Свободное касание А	5000	6000	6000	7000	7000	8000	8000	10000	—	3500	4200	—
Свободное касание В	3500	4300	4000	5000	5000	6000	5500	7000	—	2500	3000	—
Раздробление катков	45	55	55	65	65	75	70	90	—	—	—	—

Примечание. Смятие свободного касания А относится к многокатковым опорам, катки которых имеют боковую подвижность (подвижные опоры постоянных сооружений).

Смятия свободного касания В относится к каткам, на которых конструкция может перемещаться.

[1]) Составлено по „Единым нормам строительного проектирования" изд. 1931 г.

Допустимые нагрузки для различных строений. [1])

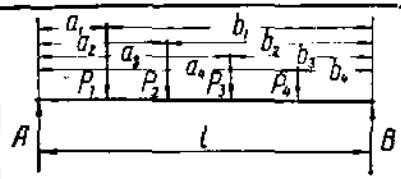
Род полезной нагрузки	Нагрузка *кг/м²*
1. Жилые сооружения	
Помещения индивидуального пользования и общежития	150
Помещения коллективного пользования	250
Лестницы и коридоры жилых домов до 2-ых этажей	300
Лестницы свыше 2-ых этажей	350
2. Общественные сооружения	
Общественные столовые малой мощности	250
Общественные столовые большой мощности	350
Больничные палаты	150
Амбулатории	200
Классные помещения и аудитории	250
Помещения общественных собраний (кроме общих зал, фойе, вестибюлей и раздевален)	300
Общие залы, фойе, вестибюли и раздевальни общественных мест	400
3. Производственно-обрабатывающие сооружения	
Заводские и фабричные помещения по действительной производственной нагрузке, но не менее:	
при очень легком оборудовании	300
в остальных случаях	400 и
Склад по действительной производственной нагрузке, но не менее	более 400
Лестницы	400
Перила лестниц на 1 пог. *м*	100 *кг*
4. Административные сооружения	
Конторские и служебные помещения, в которых нет большого скопления посетителей	200
Конторские и служебные помещения, в которых предполагается большое скопление посетителей	300
5. Элементы, общие для всех родов сооружений	
Чердачные перекрытия	75
Горизонтальные или наклонные до 1/20 крыши, если не исключена возможность временного пребывания на них людей	250
Перекрытия под закрытыми для езды дворами и световые дворы над подвалами	500
Перекрытия под проездами и проездными дворами по действительной производственной нагрузке, но не менее	800
Нагрузка от толпы людей	400
Вспомогательные сооружения (леса, подмости и т. п.) для настила и балок	200

[1]) Таблица составлена по „Единым нормам строительного проектирования", изд. 1931 г.

4. МОМЕНТЫ ИНЕРЦИИ, МОМЕНТЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ И МОМЕНТЫ СИЛ.

Определение	Обозначение
Момент инерции.[1]) Этим термином обозначают сумму произведений элементарных частиц dT данного тела на квадрат их расстояния до данной оси. За единицу длины обычно принимается 1 *см*. За единицу поверхности 1 *см*². За единицу объема 1 *см*³.	J
Момент инерции относительно оси X	J_x
Момент сопротивления.	$W=\frac{J}{e}$
Момент сопротивления относительно оси X. Расстояние от нейтральной оси наиболее удаленных или сжатых (наружных) волокон в *см*$=e_x$	$W_x=\frac{J_x}{e_x}$
Под моментом силы P относительно точки O понимается произведение силы P на расстояние (плечо) от линии ее действия до точки O. **Изгибающий момент**—алгебраическая сумма моментов сил, производящих изгиб тела.	$M=P\cdot a=X\cdot y-Y\cdot x$ $M_x=X\cdot y$ $M_y=Y\cdot x$ M_b
Крутящий момент—момент сил, производящих скручивание.	M_d
Момент при продольном изгибе.	M_k

Балки на двух опорах, нагруженные несколькими силами.

	Давление на опоры
	$A=\frac{1}{l}(P_1b_1+P_2b_2+P_3b_3+\ldots)$ $B=\frac{1}{l}(P_1a_1+P_2a_2+P_3a_3+\ldots)$

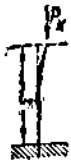
Опасное сечение находится в том месте, где срезывающая сила равна нулю, т. е. где меняется ее знак или где $A-\Sigma P\geq 0$.

После нахождения опасного сечения определяется для него максимальный изгибающий момент и в зависимости от допускаемого напряжения R_b, необходимый момент сопротивления балки

$$W=M_{max}:R_b.$$

[1]) О полярном моменте инерции см. стр. 167.

Формулы Эйлера для раздавливающего груза P_k (кг) при продольном изгибе.

I	II	III	IV
			
Нижний конец закреплен, верхний свободен	Оба конца свободны и остаются на первоначальной оси бруса	Нижний конец закреплен, верхний свободен и остается на первоначальной оси бруса	Оба конца закреплены и остаются на первоначальной оси бруса.
$P_k = \frac{\pi^2}{4} \cdot \frac{E \cdot J}{l^2}$	$P_k = \pi^2 \frac{E \cdot J}{l^2}$	$P_k = 2\pi^2 \frac{E \cdot J}{l^2}$	$P_k = 4\pi^2 \frac{E \cdot J}{l^2}$

Допустимая нагрузка $P_o = P_k : n$

Коэфициент безопасности n [1]) равен:

для чугуна	8
„ сварочного железа	5
„ литого железа	5
„ литой стали	5
„ дерева	6—12

Если напряжение от продольного изгиба, найденное по формуле Эйлера

$$\left(\frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{l^2 \cdot F}\right)$$

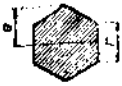
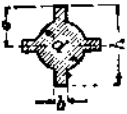
значительно превосходит предел пропорциональности, то для расчета следует применить иные формулы (Тетмайера, Шварц-Ренкина, Ясинского).

[1]) В данном случае коэфициент безопасности принимается относительно разрушающего напряжения (см. стр. 305).

Площади, положение центра тяжести,[1]) моменты инерции и моменты сопротивления наиболее употребительных сечений.

Сечение	Площадь F	Расстояние центра тяжести e	Момент инерции J	Момент сопротивления $W = \frac{J}{e}$
	bh	$\frac{h}{2}$	$\frac{bh^3}{12}$	$\frac{bh^2}{6}$
	h^2	$\frac{h}{2}$	$\frac{h^4}{12}$	$\frac{h^3}{6}$
	h^2	$\frac{h}{2}\sqrt{2}$	$\frac{h^4}{12}$	$0,1179h^3 = \frac{h^3}{12}\sqrt{2}$
	$b(H-h)$	$\frac{H}{2}$	$\frac{b}{12}(H^3-h^3)$	$\frac{b}{6H}(H^3-h^3)$
	A^2-a^2	$\frac{A}{2}$	$\frac{A^4-a^4}{12}$	$\frac{1}{6}\frac{A^4-a^4}{A}$
	A^2-a^2	$\frac{A}{2}\sqrt{2}$	$\frac{A^4-a^4}{12}$	$\frac{A^4-a^4}{12A}\sqrt{2} = 0,1179\frac{A^4-a^4}{A}$
	$\frac{h}{2}b$	$\frac{2}{3}h$	$\frac{bh^3}{36}$	$\frac{bh^2}{24}$
	$(2b+b_1)\frac{h}{2}$	$\frac{1}{3}\left[\frac{3b+2b_1}{2b+b_1}\right]h$	$\frac{6b^2+6bb_1+b_1^2}{36(2b+b_1)}h^3$	$\frac{6b^2+6bb_1+b_1^2}{12(3b+2b_1)}h^2$

[1]) См. так же стр. 100—106.

Сечение	Площадь F	Расстояние центра тяжести e	Момент инерции J	Момент сопротивления $W = \frac{J}{e}$
	$\frac{3}{2}\sqrt{3}\,r^2 = 2{,}598\,r^2$	$r\sqrt{\frac{3}{4}} = 0{,}866\,r$	$\frac{5\sqrt{3}}{16}\,r^4 = 0{,}5413\,r^4$	$\frac{5}{8}\,r^3$
				$\frac{5\sqrt{3}}{16}\,r^3 = 0{,}5413\,r^3$
	$2{,}828\,r^2$	$0{,}924\,r$	$\left(1 - \frac{2\sqrt{2}}{6}\right) r^4 = 0{,}6381\,r^4$	$0{,}6906\,r^3$
	$\pi r^2 = \frac{\pi d^2}{4}$	$\frac{d}{2}$	$\frac{\pi d_4}{64} = \frac{\pi r^4}{4} = 0{,}0491 d^4 \sim 0{,}05 d^4 = 0{,}7854\,r^4$	$\frac{\pi d^3}{32} = \frac{\pi r^3}{4} = 0{,}0982 d^3 \sim 0{,}1 d^3 = 0{,}7854\,r^3$
	$\frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$	$\frac{D}{2}$	$\frac{\pi}{64}(D^4 - d^4) = \frac{\pi}{4}(R^4 - r^4)$	$\frac{\pi}{32}\,\frac{D^4 - d^4}{D} = \frac{\pi}{4}\,\frac{(R^4 - r^4)}{R}$
	$a^2 - \frac{\pi d^2}{4}$	$\frac{a}{2}$	$\frac{1}{12}\left(a^4 - \frac{3\pi}{16} d^4\right)$	$\frac{1}{6h}\left(a^4 - \frac{3\pi}{16} d^4\right)$
	$2b(h - d) + \frac{\pi d^2}{4}$	$\frac{h}{2}$	$\frac{1}{12}\left[\frac{3\pi}{16} d^4 + b \cdot (h^3 - d^3) + b^3 (h - d)\right]$	$\frac{1}{6h}\left[\frac{3\pi}{16} d^4 + b \cdot (h^3 - d^3) + b^3 (h - d)\right]$
	$2b(h - d) + \frac{\pi}{4}(d_1^2 - d^2)$	$\frac{h}{2}$	$\frac{1}{12}\left[\frac{3\pi}{16}(d_1^4 - d^4) + b(h^3 - d_1^3) + b^3 (h - d_1)\right]$	$\frac{1}{6h}\left[\frac{3\pi}{16}(d_1^4 - d^4) + b(h^3 - d_1^3) + b^3 (h - d_1)\right]$

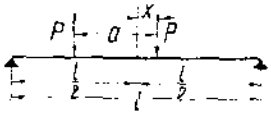
Сечение	Площадь F	Расстояние центра тяжести e	Момент инерции J	Момент сопротивления $W = \frac{J}{e}$
	$HB - hh$	$\frac{H}{2}$	$\frac{1}{12}(BH^3 + bh^3)$	$\frac{1}{6H}(BH^3 - bh^3)$
	$HB + hb$	$\frac{H}{2}$	$\frac{1}{12}(BH^3 - bh^3)$	$\frac{1}{6H}(BH^3 + bh^3)$
	$HB - b(e_2 + h)$	$e_1 = \frac{1}{2}\left[\frac{aH^2 + bd^2}{aH + bd}\right]$ $e_2 = H - e_1$	$\frac{1}{3}(Be_1^3 - bh^3 + ae_2^3)$	$W_1 = \frac{J}{e_1}$ $W_2 = \frac{J}{e_2}$

Расчет балок с различной нагрузкой.

Род нагрузки	Давление на опоры A и B. Изгибающий момент M_{max}	Груз P и необходимый момент сопротивления W	Прогиб f	Опасное сечение в точке:
	$A = P$ $M_{max} = P \cdot l$	$P = \frac{R_b \cdot W}{l}$ $W = \frac{P \cdot l}{R_b}$	$f = \frac{P \cdot l^3}{3E \cdot J}$	A
	$A = P$ $M_{max} = \frac{P \cdot l}{2}$	$P = \frac{2 \cdot R_b \cdot W}{l}$ $W = \frac{P \cdot l}{2 \cdot R_b}$	$f = \frac{P \cdot l^3}{8 \cdot E \cdot J}$	A
	$A = B = \frac{P}{2}$ $M_{max} = \frac{P \cdot l}{4}$	$P = \frac{4 \cdot R_b \cdot W}{l}$ $W = \frac{P \cdot l}{4 \cdot R_b}$	$f = \frac{P \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot J}$	в середине балки
	$A = B = \frac{P}{2}$ $M_{max} = \frac{P \cdot l}{8}$	$P = \frac{8 \cdot R_b \cdot W}{l}$ $W = \frac{P \cdot l}{8 \cdot R_b}$	$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{P \cdot l^3}{E \cdot J}$	
	$A = \frac{P \cdot b}{l}$; $B = \frac{P \cdot a}{l}$ $M_{max} = \frac{P \cdot a \cdot b}{l}$	$P = R_b \cdot W \frac{l}{a \cdot b}$ $W = \frac{P \cdot a \cdot b}{l \cdot R_b}$	$f = \frac{P \cdot a^2 b^2}{3EJ \cdot l}$	C
	$A = \frac{5}{16} P$ $B = \frac{11}{16} P$ $M_{max} = \frac{3 \cdot Pl}{16}$	$P = \frac{16}{3} \frac{R_b \cdot W}{l}$ $W = \frac{3 \cdot Pl}{16 \cdot R_b}$	$f = \frac{P}{EJ} \frac{7l^3}{768}$	B
	$A = \frac{3}{8} P$ $B = \frac{5}{8} P$ $M_{max} = \frac{Pl}{8}$	$P = 8 \frac{R_b \cdot W}{l}$ $W = \frac{P \cdot l}{8 \cdot R_b}$	$f = \frac{P}{EJ} \frac{l^3}{185}$	B
	$A = B = \frac{P}{2}$ $M_{max} = \frac{Pl}{8}$	$P = 8 \frac{R_b \cdot W}{l}$ $W = \frac{P \cdot l}{8 \cdot R_b}$	$f = \frac{P}{EJ} \frac{l^3}{192} = \frac{1}{12} \frac{R_b}{E} \frac{l^2}{h}$	в A, B и в середине балки
	$A = B = \frac{P}{2}$ $M_{max} = \frac{1}{12} Pl$	$P = 12 \frac{R_b \cdot W}{l}$ $W = \frac{P \cdot l}{12 \cdot R_b}$	$f = \frac{P}{EJ} \frac{l^3}{384} = \frac{1}{16} \frac{R_b}{E} \frac{l^2}{h}$	A и B
	$A = B = P$ Для AB: $M = P \cdot c = \text{konst.}$	$P = \frac{R_b \cdot W}{c}$ $W = \frac{P \cdot c}{R_b}$	$f_1 = \frac{P}{EJ} \frac{l^3}{8} \frac{c}{l}$ $f^2 = \frac{P}{EJ} \frac{c^2}{3} \left(c + \frac{3l}{2}\right)$	в любом месте между A и B

Крановые балки.

Два равных груза P, находящиеся на неизменном друг от друга расстоянии a, перемещаются вдоль балки пролетом l, причем $a < 0{,}5\ l$. *Наиболее неблагоприятное* положение грузов, по которому определяется максимальный изгибающий момент, находится из $x = 0{,}25\,a$.

	Давление на опоры	Максимальный изгибающий момент
	$A = P\left(1 + \frac{a}{l} - \frac{2x}{l}\right)$	$M_{max} = \frac{Pl}{2}\left(1 - \frac{a}{2l}\right)^2 =$
	$B = P\left(1 - \frac{a}{l} + \frac{2x}{l}\right)$	$= \frac{P}{8l}(2l - a)^2$

Эти формулы действительны лишь в том случае, если оба груза P находятся на длине l.

Если $a : l \geqslant 0{,}5858$, то $M_{max} = \frac{1}{4} \cdot Pl$; здесь лишь один груз стоит на балке в середине ее пролета, другой же находится за пределами ее опор.

Пример 1. Свободно лежащая балка при пролете в 6 *м* имеет равномерно распределенную нагрузку в 6000 *кг*. Какой нужно взять профиль двутавровой (I) балки?

$$W = \frac{P \cdot l}{8 \cdot R_b} = \frac{6000\ кг \cdot 600\ см}{8 \cdot 1200\ кг/см^2} = 375\ см^3.$$

Этому W соответствует I балка № 26 по ОСТ 16.

Пример 2. На две швеллерные ([) балки, заделанные одним концом в стену, действует сосредоточенный груз в 2500 *кг* на расстоянии 2 *м* от опоры.

$$W = \frac{P \cdot l}{R_b} = \frac{2500\ кг \cdot 200\ см}{1200\ кг/см^2} = 417\ см^3.$$

Так как груз действует на две балки, то момент сопротивления каждой балки равен $\frac{W}{2} = 209\ см^3$; ему соответствует [балка № 22 по ОСТ 17.

V. ЧУГУН И СТАЛЬ

I. ЧУГУН.

1. Классификация сортов чугуна.

Чугуном называется железо-углеродистый сплав с содержанием углерода от 2 до 4%. В машиностроении чугун (серый) применяется главным образом для деталей, заготовки которых изготовляются отливкой. В зависимости от количества выделившегося из сплава углерода в виде графита по виду излома различают серый чугун, применяющийся для отливки деталей и называемый литейным, и белый чугун, называемый передельным, являющийся исходным материалом во многих металлургических процессах (изготовление железа, стали, ковкого чугуна). Чугун в противоположность стали и железу перед плавлением не делается вязким, но при температуре плавления (серый чугун при 1200°, белый при 1100°) мгновенно делается жидким. Содержание главнейших примесей в чугуне, применяемом для отливки деталей, колеблется обычно в следующих *пределах:*

Углерод (C)	3,0 -3,6%[1]	Фосфор (P) . . .	0,3—1,0%
Кремний (Si) . . .	0,5 3,0%	Сера (S)	0,08—0,12%
Марганец (Mn) . . .	0,4—1,2%		

2. Влияние примесей на свойства чугуна.

Углерод заключается в чугуне как в связанном с железом виде, в виде карбида, так и в свободном состоянии в виде графита. При относительном увеличении содержания связанного углерода излом чугуна делается светлее, сопротивление разрыву, твердость и хрупкость увеличиваются. В хорошем сером чугуне количество связанного углерода не должно быть больше 0,8—0,9% (т. е. углерод должен находиться в виде перлита), так как иначе хрупкость чугуна становится особенно большой, чугун плохо поддается снятию стружки. Перлит должен быть пластинчатым, так как при сорбитообразном перлите чугун имеет большую твердость и хуже обрабатывается (но зато получает большее сопротивление разрыву). При высоком содержании кремния перлит образуется и при меньшем количестве (0,0%) связанного углерода.

При большем 0,9 проценте связанного углерода значительно снижается сопротивление чугунных деталей ударам.

Кремний является средством регулирования образования в чугуне графита и связанного углерода — он благоприятствует снижению количества связанного углерода и выделению графита. Благодаря этому свойству кремний косвенным образом влияет на механические свойства чугуна, снижая сопротивление разрыву и твердость, так как графит ослабляет сечение деталей. На выделение графита, а значит и на механические свойства, влияние углерода и кремния одинаково. На диа-

[1]) Сорта чугуна, изготовленные в электропечах и в тиглях, могут быть получены с содержанием углерода в 2,4% и ниже.

грамме (рис. 64) дана приблизительная зависимость между совместным содержанием углерода и кремния и твердостью по Бринеллю (пунктирные линии означают пределы, между которыми может колебаться твердость). На диаграмме (рис. 65) указана такая же зависимость для сопротивления

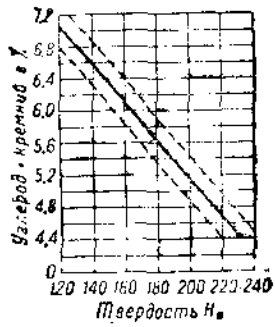


Рис. 64.

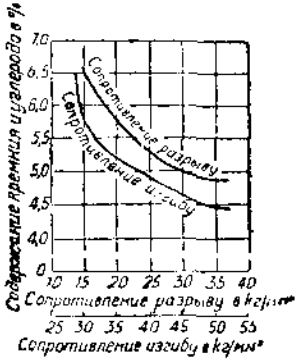


Рис. 65.

изгибу и временного сопротивления разрыву (данные относятся к необточенному отлитому образцу ∅ 30 *мм*, длиной 650 *мм*, при расстоянии между опорами при изгибе в 600 *мм*). Следует иметь в виду, что сопротивление изгибу меняется в зависимости от диаметра образца — чем диаметр больше, тем сопротивление единицы площади сечения образца меньше; например, если для ∅ 30 *мм* $\sigma_u = 30$ *кг/мм²*, то для ∅ 45 *мм* $\sigma_u = 28{,}7$ *кг/мм²*, а для ∅ 10 *мм* $\sigma_u = 42{,}7$ *кг/мм²*. [1])

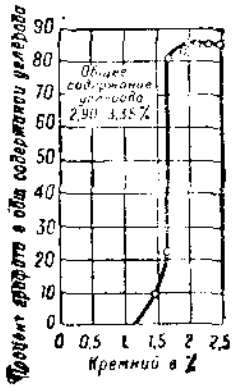


Рис. 66.

На диаграмме (рис. 66) изображено влияние кремния на относительное количество графита в общем количестве углерода в чугуне. С повышением содержания кремния выше 2,0% серый чугун начинает отбеливаться и при 2,75% кремния становится твердым, а дальше — белым. При 12—13% кремния чугун нельзя обтачивать быстрорежущей сталью, но можно обрабатывать только шлифовальными кругами или особо твердыми сплавами. Высокое содержание кремния придает чугуну кислотоупорность. При содержании в чугуне кремния выше 6% [2]) устраняются рост кристаллов и разрыхление чугуна при высоких температурах; механические свойства при этом хотя и хуже чем у чугуна с меньшим содержанием кремния, однако достаточно хороши для большинства случаев *применения чугуна при высоких температурах*.

Марганец в противоположность кремнию затрудняет выделение графита. При содержании марганца выше 0,8% необходимо повышенное содержание кремния, чтобы устранить чрезмерное отбеливание отливки

[1]) По данным v. Kensch'a.
[2]) Mitsche u. Kall. Die Gießerei, 1931 г.

(образование связанного углерода — цементита). Влияние марганца на повышение растворимости в железе углерода по интенсивности приблизительно одинаково противоположному влиянию кремния. Марганец улучшает механические свойства (до 1,4% Mn), вследствие чего в хорошем машинном чугуне должно быть не менее 0,8% марганца. Содержание последнего выше 0,8% увеличивает усадку чугуна.

Фосфор способствует выделению графита. При увеличении содержания фосфора чугун делается более жидким в расплавленном состоянии и лучше передающим форму модели; поэтому чугун с большим содержанием фосфора применяется главным образом для тонких фасонных отливок, для художественных работ, для которых без особого вреда допустимо содержание фосфора до 1,2%. Для тонких отливок, которые должны хорошо передавать очертания формы, содержание фосфора, однако, может быть снижено до 0,05%, если содержание серы довести ниже 0,05%.

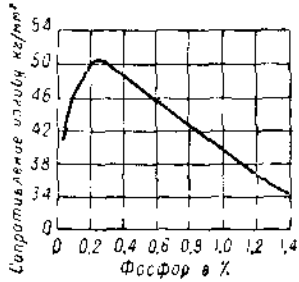


Рис. 67.

Фосфор вредно влияет на сопротивление изгибу, начиная с содержания 0,3% (рис. 67), и на сопротивление ударам, начиная с 0,1% (рис. 68). Поэтому для деталей, подвергающихся ударам, чугун не должен содержать фосфора больше 0,2—0,3%. Для огнеупорных чугунных деталей содержание фосфора должно быть не выше 0,5%.

Сера затрудняет образование графита, что становится отчетливо заметно уже при содержании 0,1% S; для компенсирования в этом отношении действия серы следует вводить кремний. Так как сера образует соединения (сульфиды) и с железом и с марганцем, то введение марганца связывает серу и парализует ее вредное действие на механические свойства чугуна; 0,8% Mn в чугуне позволяет без ущерба для механических свойств допускать до 0,15% серы (если только она равномерно распределена по всей массе чугуна); при меньшем содержании марганца количество серы должно быть не выше 0,06—0,08%, так как иначе сильно понижаются механические свойства чугуна. Сера увеличивает густоту расплавленного чугуна, вследствие чего при повышении содержания серы чугун хуже передает очертания форм.

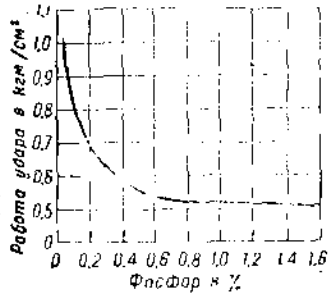


Рис. 68.

Для толстостенных отливок — станин прокатных станов, двигателей и пр. — где должно быть меньше выделившегося графита, сера допускается до 0,08—0,10%, но никогда не выше 0,15%. Сера способствует образованию в отливках усадочных раковин. Сера также способствует ржавлению металла.

Никель, присаживаемый иногда к чугуну, придает последнему стойкость против износа. В последние годы часто применяют никелевый чугун для цилиндров двигателей, которые благодаря этому становятся более долговечными. 0,5 — 1,0% никеля улучшает механические свойства приблизительно на 20%.

Чугун уральский, выплавляемый на минеральном топливе, по ОСТ 498.

Марка	Кремний в %		Марганец в %		Фосфор в %		Сера в %
	от	до	от	до	от	до	до
А. Чугун литейный [1]).							
№ 00	3,5	4,5	1,0	1,25	0,4	0,7	0,03
№ 0	3,0	3,5	1,0	1,25	0,4	0,7	0,03
№ 1	2,5	3,0	0,75	1,0	0,4	0,7	0,53
№ 2	2,0	2,5	0,75	1,0	0,4	0,7	0,04
№ 3	1,5	2,0	0,75	1,0	0,4	0,7	0,06
Б. Чугун гематитовый [2]).							
№ 00	3,5	4,5	1,0	1,5	—	0,1	0,03
№ 0	3,0	3,5	1,0	1,5	—	0,1	0,03
№ 1	2,5	3,0	1,0	1,5	—	0,1	0,03
№ 2	2,0	2,5	0,8	1,25	—	0,1	0,04
№ 3	1,5	2,0	0,8	1,25	—	0,1	0,06
В. Чугун передельный [3]).							
Мартеновский 1 .	1,2	2,0	1,0	2,5	—	0,3	0,08
„ 2 .	0,3	1,2	1,0	2,5	—	0,3	0,08

[1]) Чугун литейный представляет собою доменный чугун с содержанием фосфора свыше 0,2% предназначаемый для потребностей литейных мастерских. Содержание фосфора, в виду его значительных колебаний должно быть уточнено при заключении договора. Пределы содержания фосфора могут быть расширены от 0,1 до 0,8% при условии предварительного соглашения сторон. По особому соглашению содержание марганца может быть понижено до 0,8%. По особому соглашению может быть понижено содержание серы.

[2]) Чугун гематитовый представляет собою чугун с содержанием фосфора по свыше 0,1% предназначаемый для потребностей литейных мастерских. По особому соглашению выплавляется чугун с меньшим содержанием серы.

[3]) Чугун передельный представляет собою чугун в жидком или твердом состоянии, идущий для потребностей сталеплавильных цехов. По особому соглашению с мартеновским чугуном гарантируется содержание фосфора не свыше 0,12% и серы не свыше 0,03%.

Чугун южный коксовый по ОСТ 497

Марка	Кремний в % от	Кремний в % до	Марганец в % от	Марганец в % до	Фосфор в % от	Фосфор в % до	Сера в % до
А. Чугун литейный							
№ 00	3,5	4,5	0,5	0,8	0,1	0,3	0,03
№ 0	3,0	3,5	0,5	0,8	0,1	0,3	0,03
№ 1	2,5	3,0	0,5	0,8	0,1	0,3	0,03
№ 2	2,0	2,5	0,5	0,8	0,1	0,3	0,04
№ 3	1,5	2,0	0,5	0,8	0,1	0,3	0,06
Б. Чугун гематитовый[1]							
№ 00	3,5	4,5	0,3	0,8	—	0,1	0,03
№ 0	3,0	3,5	0,3	0,8	—	0,1	0,03
№ 1	2,5	3,0	0,3	0,8	—	0,1	0,03
№ 2	2,0	2,5	0,3	0,8	—	0,1	0,04
№ 3	1,5	2,0	0,3	0,8	—	0,1	0,06
В. Чугун передельный[2]							
Бессемеровский	1,25	2,0	1,0	1,5	—	0,08	0,05
Мартеновский 1.	1,2	2,0	1,2	2,5	—	0,30	0,08
» 2.	0,5	1,2	1,2	2,5	—	0,30	0,08
Г. Чугун специальный[3]							
Ферросилиций	10,0	14,0	1	4	—	0,18	0,05
Зеркальный низкопроц.	0,3	1,0	10	14	—	0,18	0,05
Зеркальный высокопроц.	0,3	1,5	18	22	—	0,18	0,03
Ферромарганец	0,3	1,5	75	82	—	0,18	0,03
Силико-шпиегель	10,0	12,0	18	21	—	0,18	0,04

[1]) По особому соглашению содержание марганца может быть повышено до 1,5%. По особому соглашению содержание фосфора может быть ограничено до 0,08%.

[2]) По особому соглашению: a) мартеновский чугун поставляется с 3% содержанием марганца, b) верхний предел содержания фосфора и серы может быть понижен.

[3]) Чугун специальный представляет собою чугуны, предназначенные для добавки к ним материалов в ванну при производстве стали и литья.

Хром, добавленный в чугун, повышает огнеупорность (стойкость при высоких температурах) чугунных деталей и увеличивает их твердость.

3. Классификация сортов литейного чугуна.

По химическому составу различают следующие сорта чугуна, в зависимости от содержания в нем фосфора: 1) гематитовый чугун с содержанием фосфора не выше 0,1% и с содержанием серы обычно не выше 0,04%, 2) литейный чугун с содержанием фосфора до 0,7% и 3) фосфористый чугун с содержанием фосфора от 0,6 до 2,5% (тульский до 2%, керченский до 2,5%). По способу изготовления различают древесноугольный, коксовый и электрочугун.

Древесноугольный (выплавляется в доменных печах на древесном угле) особенно чист от вредных примесей; поэтому он применяется в качестве присадок для получения высокосортных чугунных отливок. Коксовый чугун применяется наиболее широко. Электрочугун очень чист и дорог и применяется главным образом для производства высококачественных сортов стали. На стр. 226 и 227 приводится классификация уральского и южного коксового чугуна по ОСТ 497 и 498.

Состав литейного чугуна для разных целей. Высококачественное чугунное литье большей частью имеет состав: C = 2,5 – 3,2%, Si = 1,2—2,2%, Mn = 0,8—1,2%, P = 0,3%, S < 0,08%.

Для машиностроения, для станков, цилиндров, поршней, поршневых колес, в зависимости от величины отливок, применяется чугун с приведенными ниже на стр. 229 механическими свойствами и составом.

ОСТ 265 рекомендует (для сельскохозяйственного машиностроения) следующий состав литейного ваграночного чугуна (первый класс — для ответственных деталей, второй — для неответственных).

Класс чугуна	Химический состав в %							
	C		Si		Mn		P	S
	от	до	от	до	от	до	до	до
1-й	3,00	3,30	1,90	2,30	0,50	0,80	0,80	0,0
2-й	3,00	3,50	2,00	2,50	0,50	0,80	0,80	0,0

Ниже приводится химический состав отливок для различных це (см. стр. 232—233).

4. Механические свойства чугуна.

Очень часто для оценки механических свойств чугуна приходит руководствоваться его твердостью по Бринеллю. Поэтому на диаграм (рис. 69) представлена зависимость между твердостью и сопротивлен разрыву, обычно характеризующему вместе с сопротивлением изги свойства чугуна. [1]) Сопротивление разрыву, сжатию, твердость чуг

[1]) По Schüler'у твердость по Бринеллю $H_B = 0\,\sigma_b$; эта зависимость однако дето

Механические свойства чугуна для машиностроения.

Назначение	Свойства [1])				Химический состав в %				
	σ_b	$\sigma_{сж}$	Прогиб f	Твердость по Бринеллю H_B	C	Si	Mn	P	S ниже
Сельскохозяйственные машины, текстильные машины, тонкостенные отливки для электропромышленности	12	24	6	140—160	3,4—3,6	2,0—2,5	0,6	0,8	0,12
Машиностроение							выше	ниже	
Легкие детали	14	28	7	110—160	3,4—3,6	2,0—2,2	0,8	0,6	0,12
Средние детали	18	34	10	160—180	3,2—3,4	1,8—2,0	0,8	0,5	0,12
Тяжелые детали	22	40	10	180—200	3,1—3,3	1,6—1,8	0,8	0,4	0,12
								ниже	ниже
Высококачественное литье, огнеупорное литье [2])	28	46	10	200—220	2,8—3,2	1,2—1,8	0,8—1,2	0,3	0,12

[1]) Свойства чугуна относятся к отлитым (необточенным) чугунным стержням, длиною 650 мм и диаметром 30 мм; величина прогиба относится к расстоянию между опорами в 600 мм.

[2]) В качестве огнеупорного чугуна с успехом применяется чугун с примесью никеля или хрома или обоих этих элементов вместе.

ных отливок и их прогиб в зависимости от состава указаны на стр 229. Высшее значение сопротивления разрыву (≈ 35 *кг/мм²*) достижимо лишь при малом содержании углерода, что ухудшает литейные свойства чугуна.

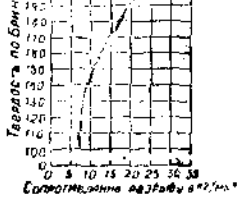


Рис 69.

При обычном процессе литья из вагранок достижимо $\sigma_b = 28-30$ *кг/мм²*, что также представляет рекордные цифры.

С увеличением сопротивления разрыву и твердости ухудшается обрабатываемость чугунных деталей.

Модуль упругости чугуна, в зависимости от напряжения, колеблется для $\sigma_b = 23-24$ *кг/мм²* от $E = 11\,350$ *кг/мм²* (для растягивающего усилия 1,6—4,8 *кг/мм²*) до $E = 5520$ *кг/мм²* (для усилия ≈ 17 *кг/мм²*); для $\sigma_b = 6{,}5$ *кг/мм²* величина E колеблется от 8500 до 4930 *кг/мм²*.

Сопротивление сжатию по Баху (для $\sigma_b = 22{,}6-25{,}4$ *кг/мм²*) $\sigma_{сж} = 80{,}8-87{,}3$ *кг/мм²*.

Сопротивление срезу для чугуна приблизительно равно σ_b.

Сопротивление кручению (по Баху):

Сечение образца		Сопротивление скручиванию $\sigma_{кр}$ *кг/мм²*	Отношение $\sigma_{кр} : \sigma_b$
Круглое сечение		16,2	1,02
Кольцевое сечение		13,2	0,82
Прямоугольное сечение с отношением сторон $b : h =$	1 : 1	22,3	1.42
	1 : 2,5	25,3	1,60
	1 : 5	23,7	1,50
	1 : 9	25,1	1,59

Ударное сопротивление бруска с надрезкой для серого чугуна — 0,39 *кгм/см²*, для высококачественного чугуна — 0,45 *кгм/см²*.

Для характеристики механических свойств чугуна часто предпочитают указывать величину временного сопротивления изгибу и величину прогиба для нормальных черных (необточенных) брусков (∅ 30 *мм*, $l = 650$ *мм*), так как испытание на изгиб проще выполнить, чем испытание на разрыв, потому что последнее требует обточенных образцов и требует тщательного закрепления образцов при испытании (во избежание получения комбинированных напряжений на разрыв и изгиб при эксцентрическом зажиме образцов).

По ОСТ 970 литье чугунное (для транспорта) по качеству разделяется на четыре марки: для особо *ответственных деталей* — марка ЧЛ 1, для ответственных деталей — ЧЛ 2, для второстепенных деталей — *ЧЛ 3 и для неответственных деталей* — ЧЛ 4. *Эти марки* литейного чугуна должны обладать следующими механическими свойствами, *которые определяются при* испытании на статический изгиб круглых образцов длиной 650 *мм*, ∅ 30 мм, при расстоянии между опорами в 600 *мм* (см. таблицу также на стр. 231).

Временное сопротивление изгибу, указанное в таблице, определено по формуле: $\sigma_и = 0{,}0567\ P$, где P — нагрузка при разрушении образца.

По ОСТ 265 обыкновенный заграничный серый чугун (для сельскохозяйственного машиностроения) разделяется на 2 класса: чугун первого класса применяется для изготовления ответственных деталей, подверженных толчкам, ударам, значительной работе на изгиб, кручению или истиранию; чугун второго класса применяется для неответственных деталей. Механические свойства этого чугуна, указанные ниже в таблице, определяются испытанием контрольных брусков квадратного сечения 25 × 25 *мм*, длиною 340 *мм*. Временное сопротивление изгибу измеряется при расстоянии между опорами в 300 *мм*.

Механические свойства чугуна по ОСТ 970.

Марка	Временное сопротивление изгибу σ_u *кг/мм²*	Стрела прогиба *f* *мм*
ЧЛ 1	32	8
ЧЛ 2	28	6
ЧЛ 3	24	4
ЧЛ 4	Не испытывается	—

Сопротивление истиранию быстро снижается при увеличении в чугуне феррита: хорошее сопротивление истиранию получается при преимущественном содержании перлита. Поэтому для подвергающихся истиранию деталей твердость по Бринеллю должна быть не ниже 180. Истирание быстро увеличивается при увеличении содержания фосфора, количество которого должно быть для трудящихся частей не выше 0,4%.

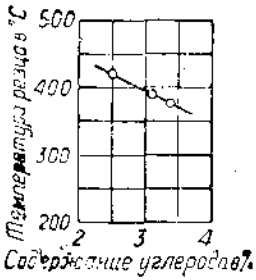


Рис. 70.

Обрабатываемость чугуна снятием стружки может быть улучшена путем отжига чугунных отливок в течение нескольких часов при 900°; после этого твердость снижается до 120—170 H_B.

Обрабатываемость чугуна определяется также содержанием углерода: чем больше углерода, тем меньше нагревается резец при работе.

На диаграмме (рис. 70) изображена зависимость между температурой резца и общим содержанием углерода в процентах при обтачивании чугуна при $v = 15$ *м/мин.*, глубине резания $t = 1$ *мм*, $s = 0{,}18$ *мм*. Кремний улучшает обрабатываемость лишь при содержании углерода большем 4%. При содержании углерода меньше 3,5% увеличение содержания кремния повышает температуру резца. [1]) Сорта

Механические свойства чугуна по ОСТ 265

Класс чугуна	σ_u *кг/мм²*	Стрела прогиба *f* *мм*	H_B *кг/мм²*
1-й . . .	30	3,5	170—210
2-й . . .	32	3,0	130—210

[1]) Die Giesserie, 1931, E. Dipschlag u. F. Eggert. Следует отметить, однако, что данные этих исследователей в отношении влияния кремния на обрабатываемость чугуна расходятся с выводами Kessner'а по тому же вопросу утверждавшего, что повышение содержания кремния улучшает обрабатываемость. Kessner так же нашел, что при увеличении содержания графита при соответственном уменьшении связанного углерода улучшает обрабатываемость, что однако не подтвердилось опытами указанных выше исследователей. Исследования в СССР (см. Вестн. металлопром., 1932, № 6, 48), однако дают основание считать, что чугун с мягкими структурными составляющими (с графито-перлитовой структурой) имеет лучшую обрабатываемость, чем при твердых структурных составляющих.

Состав литейного чугуна для разных целей.

Род литья	Назначение	Химический состав в %				
		C	Si	Mn	P	S
Машинное литье	Общее машиностроение	Различный состав в зависимости от формы сечения и толщины стенок				
	Высококачественное литье	2,5—3,20	1,2—2,2	0,8—1,2	0,3	< 0,08
	Сельскохозяйственные машины, швейные машины, домашняя утварь	3,4—3,6	2,0—2,8	0,6	1,0	0,10
	Пишущие машины, счетные машины, кассы и пр.	3,4—3,6	2,5—2,8	0,6	1,0—1,2	0,10
	Паровая, газовая и водяная арматура	3,5	1,5—2,0	0,6—0,8	0,5	0,08
	Цилиндры двигателей для автомобилей, самолетов, пароходов и пр.	2,8—3,3	1,0—1,6	0,6—1,2	0,5	0,06
Специальное литье	Наковальни и массивные отливки	2,8—3,2	1,2—1,5	1,00	0,30	0,06
	Тормозные колодки для жел.-дор. вагонов	3,0—3,3	1,0—1,2	1,00	0,80	выше 1,0
	Изложницы (формы) для чугунных изделий, для отливки труб, для стеклянных изделий	3,5—4,0	2,0—2,8	0,60	0,10	0,04
Литье для строительных целей	Колонны	3,3—,6	2,0—2,5	0,5—0,8	0,6	0,10
	Печи, поды для печей, чугунная посуда	3,2—3,8	2,2—2,8	0,6	1,0—1,5	0,10

Литье для строительных целей	**Канализационные трубы**	**3,5—3,8**	**2,0—2,4**	**0,6**	**1,0—1,2**	**0,10**
	Муфты и трубы с фланцами	**3,2—3,6**	**1,5—2,0**	**0,6—0,8**	**0,7—0,9**	**0,08**
	Плиты для струн для рояля и пианино .	3,5—3,8	2,4—2,8	0,8	0,3	0,06
Твердое литье с отбеленной поверхностью	Вальцы рифленые для размельчения угля и кокса, вальцы (колеса) для дорожных машин	2,8—3,3	0,6—1,2	0,4—1,2	0,50	0,10
Отливки с закаленной поверхностью	Шаровые диски для шаровых мельниц, камнедробильные плиты, штампы и очки для протяжки проволоки и прочие подвергающиеся истиранию части	3,0—3,6	0,5—1,0	0,4—1,4	0,10	0,05
Литье для вальцов	Вальцы для печатных, мукомольных, бумагоделательных и текстильных машин	3,0—3,2	1,3—1,5	0,5—0,8	0,03	0,05
Кислотоупорный чугун	Трубы, горшки, краны, котлы, насосы для кислот	2,8—3,5	2,0—14,0	0,6—1,2	0,50	0,05
Щелочеупорный чугун	Котлы для плавления соды, сосуды для щелочей	3,5	1,2—1,7	1,20	0,20	0,05
Огнеупорный чугун а) без требований к его прочности, б) со специальными требованиями к его прочности	а) Колосниковые решетки, поды для печей и пр.	3,5—4,0	1,0—2,0	0,5—0,8	0,30	0,08
	б) Тигли для плавления цветных металлов, реторты, муфеля для отжига . .	3,5—4,5	1,5—2,8	0,5—1,2	0,20	0,06
Чугун для художественного литья	Статуи, рельсы, капители колонн, рамы для картин и пр.	3,5—4,5	2,0—2,5	0,6—0,9	0,8—1,2	0,10

чугуна с одинаковой твердостью обрабатываются тем лучше, чем меньше зерно. [1])

Специальные сорта чугуна начинают находить себе применение — никелевый, хромоникелевый и хромистый чугун (например для цилиндров двигателей для уменьшения их износа); для этих сортов чугуна тепловая обработка имеет большое значение.

Закалка с последующим отпуском при $t = 375°$ никелевого ($\approx 1{,}5\%$ Ni), хромоникелевого (2,5% Ni и 0,95% Cr) и хромистого ($\approx 0{,}5\%$ Cr) чугуна дает значительное улучшение механических свойств по сравнению с состоянием непосредственно после отливки: сопротивление разрыву и в особенности твердость делаются выше, что очень благоприятно отражается на стойкости деталей против износа, а также против ударов. Хром присаживается часто также в огнеупорный чугун с малым содержанием кремния; для улучшения обрабатываемости хромистого чугуна (хром ухудшает обрабатываемость чугуна) добавляет никель. Например для тиглей для плавления металла иногда применяют чугун с 1—2% никеля и 0,5% хрома.

5. Ковкий чугун.

Название „ковкий чугун" не вполне удачно, так как не определяет свойств материала — он не ковок в обычном понимании этого слова и не является чугуном, а по существу представляет собою плохую пористую сталь.

Рис. 71

Ковкий чугун применяется для деталей, которые должны быть дешевы в изготовлении и которые в то же время должны быть стойкими против ударов (т. е. не должны быть хрупкими) и обладать большим сопротивлением разрыву и большей вязкостью, чем серый чугун [2]). Применение ковкого чугуна ограничивается главным образом небольшими деталями, изготовлять которые из стальной отливки или поковки было бы дорого или просто невозможно (стальное литье подходит лишь для сравнительно толстостенных деталей, так как сталь быстро стынет). Детали из ковкого чугуна отличаются гладкой чистой поверхностью и хорошей обрабатываемостью снятием стружки.

Детали из ковкого чугуна отливаются из белого чугуна большей частью из мартеновских печей или же, реже, на вагранок (в вагранке ковкий чугун обогащается серой и получается поэтому обычно более низкого качества); при отливке чугун застывает с белым изломом (без графита). Чтобы детали стали мягкими и хорошо поддающимися обработке, их подвергают отжигу для разложения связанного углерода на железо и углерод отжига (на рис. 71 изображен шлиф ковкого чугуна с вкраплениями углерода отжига, обрамленными ферритом). Углерод отжига при этом выделяется в виде маленьких круглых точек, которые ослабляют

[1]) Доклад E. Diwowarsky (Ausch. in Zürich'e в 1931 г. на международном съезде по испытанию материалов.

[2]) Вследствие огромной потребности промышленности СССР в ковком чугуне производство его в СССР быстро возрастает. Если в 1913 г. было изготовлено всего около 500 тонн ковк. чугуна, то в 1928—29 г. было изготовлено около 20 000 тонн, а в 1932 г. предполагалось изготовить уже около 100 000 тонн.

сечение материала меньше, чем крупные листки графита, находящегося в сером чугуне; поэтому ковкий чугун обладает большей прочностью и большей вязкостью, чем серый чугун.

Отжиг для получения ковкого чугуна. Существуют два способа отжига чугуна: европейский и американский. Европейский способ состоит в том, что не ограничиваются разложением связанного углерода (карбида) на железо и углерод отжига, но и удаляют, главным образом из поверхностного слоя, часть углерода, превратив его в газообразное состояние.

Американский способ заключается только в разложении связанного углерода на железо и углерод отжига. Поэтому по первому способу чугун отжигают в ящиках с отдающим кислород веществом (железная руда, толченый красный железняк, окалина), [1]) по американскому же способу чугун отжигают в песке. Признаком ковкого чугуна, изготовленного по европейскому способу, является светлый излом, состоящий из обезуглероженного ферритового поверхностного слоя, углерода отжига, феррита, перлита и цементита; поэтому европейский чугун называют также „белосердечным". Американский ковкий чугун в изломе имеет черный бархатный оттенок; поэтому этот вид называют также „черносердечным".

Температура отжига по европейскому способу доводится обычно до 880°, по американскому — до 950—980°. При достижении этой температуры ее поддерживают от 30 до 100 часов, после чего печь вместе с ящиками с деталями медленно охлаждают таким образом, чтобы скорость охлаждения в 1 час была ≈ 14—20° при температуре до 820° и 5—8° в час при температуре до 760° и наименьшей — 2,5—5° в час при температурах близких к критической — в интервале 760—700°. Общая продолжительность отжига для отливок средней величины — около 6—8 суток, из которых в среднем 2 суток падают на нагревание, 3—4 дня выдерживается температура и 2 суток охлаждается печь.

На режим отжига очень сильно влияет химический состав чугуна, в особенности содержание кремния (при большем содержании кремния требуется меньшая продолжительность отжига). [2]).

Химический состав ковкого чугуна в зависимости от способа плавки и отжига очень различен. Ниже приведена табличка состава ковкого чугуна, рекомендуемого ОСТ 580 для сельскохозяйственного машиностроения.

Рекомендуемый ОСТ 580 состав ковкого чугуна.

Состав ковкого чугуна	Химический состав в %				
	C (после отжига)	Mn	Si	P	S
Американский .	до 2,9	до 0,4	0,6—1,4	до 0,22	до 0,08
Европейский . .	„ 2,9	„ 0,4	0,6—1,4	„ 0,22	„ 0,20

В европейском ковком чугуне содержание углерода зависит от толщины стенки отливки: чем тоньше стенка, тем меньше в чугуне углерода. В приведенной на стр. 236 табличке указано содержание углерода в зависимости от толщины стенки.

Механические свойства ковкого чугуна, изготовленного по европейскому способу, сильно зависят от толщины стенок отливки. Твердость

[1]) К 1 части свежей красной руды прибавляют 3—6 частей уже работавшей руды или, на ее неимением, 3 части песка, — иначе руда сожжет чугун, на котором в этом случае образуется неровная изъеденная поверхность.

[2]) См. примечание на стр. 236.

увеличивается от наружного слоя к середине отливки. Обезуглероженная наружная поверхность имеет обычно твердость $H_B = 125$, на глубине же от наружной поверхности в 8 *мм* достигает 150—170 *кг/мм²*. Твердость аме-

Толщина стенки *мм*	Связанный углерод %	Углерод отжига %	Общее количество С %
3—5	До 0,5	0,1—0,3	0,1—0,6
5—10	0,1—0,8	0,2—0,6	0,3—1,4
10—15	0,3—1,2	0,2—1,0	0,5—2,2
Выше 15	0,6—1,6	0,3—1,2	0,9—2,8

риканского ковкого чугуна не зависит от толщины стенки и определяется в среднем 115 (110—120) *кг/мм²* по Бринеллю. Сопротивление разрыву в европейском ковком чугуне увеличивается, а удлинение уменьшается с увеличением толщины стенок деталей. Чтобы иметь возможность оценивать механические свойства различных сортов ковкого чугуна цифрами, не впадая в ошибку при оценке их из-за разной толщины стенок образцов, в СССР и за границей условились механические свойства относить к нормальным стержням; нормальный стержень испытывается на разрыв в чер-

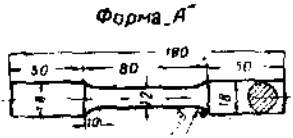


Рис. 72.

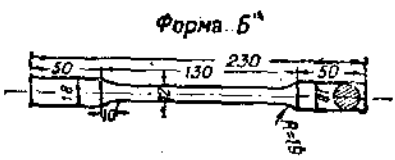


Рис. 73.

ном виде без всякой обработки снятием стружки (выточенный из куска стержень дал бы неоднородные результаты).

На рис. 72—74 изображены нормальные стержни для сельскохозяйственного машиностроения по ОСТ 580. *Форма А* (рис. 72) применяется для испытания механических свойств по ОСТ 580 трех классов чугуна — первый класс — американский ковкий чугун, получающийся преимущественно из пламенных печей,[1] второй класс — европейский чугун, повышенного качества и третий — обыкновенный европейский ковкий чугун; последние два типа получаются преимущественно из вагранок.

Форма Б (рис. 73) (по размерам совпадающая с германскими нормами) служит для испытания на изгиб. Образец из первого класса чугуна, зажатый одним концом в тиски и изгибаемый за другой конец, должен загибаться без образования трещин на 120°, образец второго класса — на 75°, третьего — на 35°.

Образец формы *Л* (рис. 74), зажатый одним концом в тиски, служит для испытания на скручивание для всех трех классов; образец должен повернуться вокруг продольной оси не менее, чем на 360°.

[1] Наша и западно-европейская техническая мысль усиленно работает в настоящее время над разработкой способов производства американского ковкого чугуна ваграночным процессом, значительно более дешевым, чем при изготовлении к. ч. в пламенных печах или электропечах. Так заводу Кр. Аксай, например, в 1932 г. удалось получить вагрыочный американский ковкий чугун удовлетворительного качества при ускорении в процессе отжига — в течение 100 часов (см. „Техника" № 106, 1932); на СТЗ удалось снизить время отжига до 72 часов.

Механические свойства ковкого чугуна по ОСТ 528.

Класс чугуна	Минимальное сопротивление разрыву σ_b кг/мм²	Минимальн. удлинение δ %	Твердость H_B
1-й	30	6	110—130
2-й	30	4	до 200
3-й	30	2	„ 200

В приведенной ниже табличке указаны механические свойства трех различных сортов ковкого чугуна по германским данным:

Сорта ковкого чугуна	Сопротивление разрыву σ_b кг/мм²	Удлинение δ %	Предел текучести σ_s кг/мм²
Ковкий чугун торгового качества	32	2	18
Высококачественный европейский ковкий чугун . . .	40	5	22
Американский ковкий чугун .	35	10	19

Предел текучести у ковкого чугуна не обнаруживается отчетливо при испытаниях; поэтому для ковкого чугуна принимают за предел текучести σ_s напряжение, при котором остающееся удлинение составляет 0,2%. Для ковкого чугуна $\sigma_s = 0{,}55 - 0{,}60\sigma_b$.

Форма Б

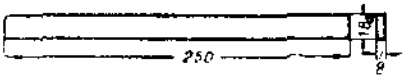


Рис. 74.

Наивысшее достижимое у ковкого чугуна сопротивление разрыву достигает 45 — 50 кг/мм² при удлинении от 2 до 3%; наибольшее удлинение достигает 15% при сопротивлении разрыву около 35 кг/мм².

2. ПОДЕЛОЧНАЯ СТАЛЬ.

1. Обозначения сортов стали.

При обозначениях сорта железо-углеродистого сплава термина „железо" следует избегать и называть сталью железо с примесью углерода и других веществ, вводимых в материал преднамеренно или непроизвольно (при этом содержание углерода может быть и очень малым — менее 0,1%).

С другой стороны за термином „железо" пока еще сохранилась в быту группа прокатного материала (прокатка), изготовленного из стали с малым содержанием углерода (например декапированное железо, листовое железо, двутавровое железо, железная проволока и т. д.).

Необходимо отметить, однако, что недавно изданный ОСТ 4125 относит материал проката (так называемого швеллерного, двутаврового, листового и пр. „железа") к стали. ОСТ 4125 устанавливает для прокатной углеродистой стали (без определенных требований в отношении химиче-

ского состава) обозначения марок стали в зависимости от механических свойств. Указанные в таблице величины σ и δ относятся к прокату круглому, квадратному, полосовому и фасонному толщиной от 8 до 40 *мм*, к прокату листовому и широкополосному толщиной от 8 до 20 *мм*; нормы для пробы на загиб в холодном состоянии распространяются на все виды проката толщиной от 2 до 25 *мм*. Для распознавания марок стали концы мелкосортных прутков должны окрашиваться: у ст. 1 — белой краской, ст. 2 — желтой, ст. 3 — красной, ст. 4 — черной, ст. 5 — зеленой, ст. 6 — синей. Кроме того клеймится на крупносортной стали цифра, соответствующая марке стали, обводимая краской соответствующего цвета. Для марок повышенных с правой стороны цифры выбивается знак +, а для марок пониженных выбивается с левой стороны знак = (напр. = 4).

Обозначения марок прокатной стали по ОСТ 4125.

Условное обозначение (марка) стали		Временное сопротивление σ_b кг/см²	Относительное удлинение % не менее: для длинного нормального или пропорционального образца δ_{10}	Относительное удлинение % не менее: для короткого нормального или пропорционального образца δ_5	Загиб в холодном состоянии на 180°: Толщина оправки d при толщине образца a
Ст. 0		—	—	—	$d=2a$
Ст. 1	норм.	32—40	28	33	$d=0$
Ст. 2	норм.	34—42	26	31	$d=0$
	пониж.		23	27	
Ст. 3	повыш.	38—45	24	28	$d=0$
	норм.		22	26	$d=0{,}5a$
	пониж.		19	23	$d=a$
Ст. 4	норм.	42—45	20	24	$d=2a$
	пониж.		16	20	
Ст. 5	повыш.	50—60	18	22	$d=2a$
	норм.		16	20	$d=3a$
	пониж.		14	17	—
Ст. 6	норм.	60—70	12	14	—
	пониж.		10	12	—

Для орудийной стали ОСТ 3299 установил обозначения в зависимости от величины предела текучести и предела упругости. Помещенная ниже табличка дает характеристику механических свойств различных марок орудийной стали. [1])

В Америке установлена (S. A. E.) следующая символизация для стали. Первая цифра обозначения относится к роду материала: 1 — обозначает углеродистую сталь, 2 — никелевую сталь, 3 — хромоникелевую, 4 — молибденовую, 5 — хромистую, 6 — хромованадиевую 7 — вольфрамовую, 9 — кремнемарганцовую сталь.

Вторая цифра, если символ относится к специальной стали, определяет в процентах количество главной примеси к металлу. Последние две или три цифры указывают содержание углерода в сотых процента.

[1]) Иногда в СССР применяется также обозначение углеродистой стали номерами, определяющими количество десятых процента содержания в ней углерода (например № 5 имеет около 0,5% C). Такое обозначение, однако, применимо лишь в отраслях промышленности, где механические свойства не имеют большого значения (например в точной механике).

Обозначения орудийной артиллерийской стали по ОСТ 3299.

Обозначение (марка) стали	Характеристика механических свойств стали			
	Условн. предел упругости не менее $кг/мм^2$ σ_e	Предел текучести не менее $кг/мм^2$ σ_s	Сужение площади поперечного сечения не менее ψ%	Сопротивление удару по Шарпи не менее $кгм/см^2$ ρ
0—25 E	—	25	30	3,0
0—34 E	—	34	30	3,0
0—30	30	—	35	3,0
0—35	35	—	35	3,0
0—40	40	—	35	4,0
0—45	45	—	35	4,0
0—50	50	—	35	4,0
0—55	55	—	35	4,0
0—60	60	—	35	4,0
0—65	65	—	35	4,0
0—70	70	—	35	4,0

Пример сталь 1010—углеродистая сталь (1) с 0,10% углерода сталь 3120—хромоникелевая сталь с 1% никеля и 0,20% углерода.

В Германии DIN установил для углеродистой стали и чугуна в обозначениях три группы знаков. Первая буквенная группа обозначает род материала: *St*—сортовое железо и сталь, *Stg*—стальное литье, *Ge*—чугун, *Te*—ковкий чугун. Вторая группа знаков дает состоящую из двух цифр величину временного сопротивления разрыву (наименьшего допустимого) для данного материала. Если перед второй группой цифр стоит буква *C* — вторая группа обозначает количество сотых долей процента содержания углерода в стали. Если вторая группа состоит из двух нулей—это обозначает, что производитель стали не гарантирует никакого определенного σ_b. Третья группа (также из двух цифр) обозначает стандарт DIN, относящийся к данному материалу (чтобы получить номер стандарта, нужно перед приведенными в обозначении стали двумя последними цифрами приписать 16). В виде необязательного правила допускается после третьей группы цифровых обозначений ставить одну из следующих букв, характеризующих получение материала: *B* — бессемерование, *Th* — томасовский процесс, *M*—мартеновский, *T*—тигельный, *E*—электроплавка.

Пример: *St* 5011 обозначает углеродистую сталь с $\sigma_b = 50$ $кг/мм^2$, на которую имеется стандарт DIN 1611.

2. Углеродистая поделочная сталь.

Углеродистая поделочная сталь (с содержанием до 0,6% C) разделяется по применению на три группы: 1) обычную поделочную сталь для общего машиностроения, к которой не предъявляется высоких требований в отношении цементации и улучшения свойств от тепловой обработки, 2) сталь улучшаемую тепловой обработкой (выше 0,3% C) и 3) сталь для цементации (ниже 0,2% C).

Содержанием *углерода определяются* механические свойства стали: с увеличением содержания углерода уволичивается временное сопротивление разрыву σ_b и предел текучести σ_s и уменьшаются удлинение, поперечное сжатие и ударное сопротивление. *Улучшением* тепловой обработкой увеличивают вязкость стали и, в особенности, ударное сопротивление. На стр. 242—246 приведены таблицы, указывающие свойства стали и тепловую обработку. С увеличением *содержания углерода* (до 0,9% С) *увеличивается* окисляемость стали (понижающаяся свыше 0,9% С). Способность стали свариваться уменьшается с увеличением углерода; условиями сварки стали служат: углерода не *больше* 0,3%, самое *большее* 0,5%, *кремния* не выше 0,2%, марганца — 0,7 — 0,8% (если Si меньше 0,05%, то достаточно 0,6% Mn), фосфора не выше 0,05%, серы не выше 0,05%.

Влияние тепловой обработки мартеновской стали на ее механические *свойства.* [1])

Химический состав стали в %			Предел пропорциональн. σ_p кг/мм²	Предел текучести σ_s кг/мм²	Сопротивление разрыву σ_b кг/мм²	Удлинение δ при $l = 180$ мм и $d = 18$ мм %	Поперечное сжатие ψ %	Тепловая обработка образцов
C	Mn	Si						
0,81	0,27	0,26 до 0,45	31	43	88	9	15	1. Отжиг
			— [2])	—	—	—	—	2. Закалка при 850° в воде 20°
			67	—	140	0	0	3. Тоже и отпуск 350°
			70	94	141	6	22	4. Закалка при 850° в масле 80°
0,39	0,74	0,26 до 0,45	24	31	59	20	43	1. Отжиг
			16	45	85	0,8	3	2. Закалка при 850° в воде 20°
			38	65	137	4	21	3. То же и отпуск 350°
			34	57	83	11	39	4. Закалка при 850° и масле 80°
0,09	0,10	0,005	15	19	33	26	73	1. Отжиг
			18	42	62	16	65	2. Закалка при 850° в воде 20°
			12(?)	25	42	25	80	3. То же и отпуск 350°
			18	26	43	23	71	4. Закалка при 850° в масле 80°

[1]) *По данным Бринелля и Вальберга.*

[2]) В виду высокой твердости и хрупкости этих образцов испытание на разрыв не дало *правильных результатов.*

Характеристика поделочной углеродистой стали в зависимости от способа ее производства. Электросталь так же как и тигельная сталь являются наиболее чистыми сортами стали, содержащими очень малое количество загрязнителей — серы и фосфора обычно не более 0,02 — 0,05% (в зависимости от чистоты применяемых для выплавки материалов — обычно мартеновской основной стали — и способа ведения плавки).

Мартеновская сталь [1]) в зависимости от материала, которым обкладывается полость печи, различается на кислую (при плавке с кислой набивкой печи — с динасом) и основную (при основной набивке — доломите, магнезите).

Сталь, полученная в печи с кислой набивкой, имеет мало окислов железа, потому, что кислая набивка (динас содержит 93—97% SiO_2 — кремнекислоты) способствует образованию кислого шлака, содержащего кремнекислоту, мешающую закиси железа окислять основную массу расплавленного металла путем образования соли кремнекислого железа.

Сталь, полученная в печи с основной набивкой, может быть изготовлена из шихт с большим содержанием фосфора, потому что основная набивка (доломит, состоящий из извести и магнезии) способствует образованию основного шлака, содержащего известь, образующую соли с фосфорной кислотой и тем способствующей удалению фосфора из расплавленного металла (а также кремния, марганца, углерода).

Кислая сталь обычно обладает высшими механическими свойствами чем основная сталь, в особенности в отношении удлинения и ударного сопротивления, так как в кислой стали меньше может быть окислов железа. Мартеновская инструментальная сталь изготовляется большей частью кислым процессом; кислый процесс пригоден для получения стали с содержанием не ниже 0,15% С. Наоборот мягкую сталь с содержанием углерода менее 0,1% получают основным процессом; преимущественно торговое железо является основной мартеновской сталью.

Бессемеровская сталь, [2]) изготовляемая в конверторах с кислой набивкой, обычно имеет содержание выше 0,15% С. Ее механические свойства хуже свойств кислой мартеновской стали, так как бессемеровская сталь менее чиста; поэтому она обычно не применяется для особо ответственных деталей. Зато стоимость бессемеровской стали несколько ниже стоимости кислой мартеновской стали.

Томасовская сталь, [3]) изготовляемая в конверторах с основной набивкой, имеет обычно малое содержание углерода ($\approx$ 0,1%) и является наиболее загрязненной сталью из прочих видов стали, но зато и наиболее дешевой и применяется главным образом для строительных целей. Меньшая надежность в отношении механической прочности в этом случае учитывается снижением допустимых напряжений, применяемых для бессемеровской или мартеновской стали (до 30%).

Автоматная сталь. Сталь, обрабатываемая на быстроходных автоматах, должна давать короткую ломкую стружку, которую хорошо выдерживает инструмент, и чистую и гладкую поверхность. Такими свойствами в высокой степени обладает так называемая автоматная сталь — с большим содержанием серы (0,07—0,22%) и большей частью также фосфора (от 0,07 до 0,15%). Содержание углерода у мягких сортов стали колеблется от 0,05 до 0,12%, у твердых сортов доходит до 0,5% (не выше). Твердые сорта автоматной стали применяются очень редко. На

---

[1]) Способ ее изготовления предложен французом Мартеном в 1865 г.
[2]) Способ ее изготовления предложен англичанином Бессемером в 1855 г.
[3]) Способ ее изготовления предложен Томасом в 1878 г.

Марки углеродистой поделочной стали, изготовляемой в СССР, очень многочисленны. Ниже приводятся типичные сорта углеродистой поделочной стали.

Марка	Химический состав в %	Способы тепловой обработки	Назначение	Механические свойства			
				σ_e кг/мм²	σ_b кг/мм²	ψ %	δ %
			N-ский завод				
В	C = 0,24—0,32 Mn = 0,4—0,7 Si = 0,15—0,35 P до 0,7 S до 0,5 Cr Следы Ni Следы	Нагревается для проковки как обычная поделочная сталь. Кованные изделия обычно отжигаются. Отжиг при 750—770° с остыванием в печи.	Применяется почти исключительно в отожженном виде. Для цементации непригодна за исключением особых случаев—больших поперечных сечений, например валов.		48 ± 4	≧ 35	≧ 22
Г	C = 0,34—0,42 Mn = 0,4—0,7 Si = 0,15—0,35 P до 0,07 S до 0,05 Cr Следы Ni Следы	После ковки (и прокатки) должна быть отожжена. Отжиг при 740—760° с остыванием в печи. Закалка в воде при 820—840°. Отпуск в зависимости от желаемых σ_b и δ.	Применяется в отожженном состоянии, когда требуется повышенная упругость и сопротивление разрыву при пониженной вязкости. Сваривается лишь при особом уменьш.	В отожженном виде: ≧ 25	≧ 54 ± 4	≧ 35	≧ 16
				Закаленная и отпущенная ≧ 45	≧ 80	≧ 30	≧ 10

Марка	Химический состав в %	Способы тепловой обработки	Назначение	Механические свойства			
				σ_e кг/мм²	σ_b кг/мм²	ψ %	δ %
			ЗАВОД № 3				
Весьма мягкая № 3	C =0,08—0,13 Mn=0,35—0,55 Si ≦0,20 P ≦0,06 S ≦0,04	Не закаливается, хорошо сваривается.	Шинное и обручное железо на подковы и подковные гвозди, шайбы, клещи, для котельного дела. Для штампования и ковки деталей.	18—21	20 +10	65	30
Очень мягкая № 3½	C =0,14—0,20 Mn=0,35—0,55 Si ≦0,2 P ≦0,06 S ≦0,04	Закаливается слабо в воде, хорошо сваривается.		20—30	35 +10	60	28
Мягкая № 4	C =0,21—0,28 Mn=0,45—0,65 Si =0,20—0,30 P ≦0,05 S ≦0,04	Сваривается, закаливается слабо в воде.	Болты, гайки, винты, ломы, кирки, мотыки, лопаты, штоки для паровых молотов, приводные валы, части станков, не подвергающиеся истиранию.	22—32	40 +10	55	24

Продолжение

Марка	Химический состав в %	Способы тепловой обработки	Назначение	Механические свойства			
				σ_e кг мм²	σ_b кг мм²	ψ %	δ %
Средне мягкая № 5	C =0,29—0,35 Mn =0,50—0,70 Si =0,20—0,30 P ≦0,05 S ≦0,04	Сваривается, закаливается слабо в воде.	Ключи, части станков, поршни, штоки паровых машин и двигателей, зубчатые колеса.	Отожженная			
				24—34	50 +5	50	22
				Закаленная в масле			
				45—60	70—90	45	7
Средне мягкая № 5½	C =0,36—0,41 Mn =0,50—0,70 Si =0,20—0,30 P ≦0,05 S ≦0,04	Сваривается, закаливается в воде.	Патроны к станкам, оси к повозкам, кузнечные наковальни.	Отожженная			
				26—36	55 +5	45	20
				Закаленная в масле			
				50—60	80—95	40	6

Марка	Химический состав в %	Способы тепловой обработки	Назначение	Механические свойства			
				σ_e кг/мм²	σ_b кг/мм²	ψ %	δ %
Ср. твердости № 6	C =0,42—0,47 Mn=0,50—0,70 Si =0,20—0,30 P ≤0,05 Si ≤0,04	Закаливается хорошо в воде, сваривается *плохо.*	Рессоры, спиральные пружины, косы, серпы, топоры, сошники к плугам, молотки, слесарные наковальни, штемпеля, вагонные рессоры, отвертки, фабричные ножи, ножи для резки металла в горячем состоянии.	Отожженная			
				28—38	60 +5	40	16
				Закаленная в масло			
				55—70	85—100	40	5
Твердая № 6½	C =0,48—0,55 Mn=0,50—0,70 Si =0,20—0,30 P ≤0,05 S ≤0,04			Отожженная			
				29—39	65 +5	40	15
				Закаленная в масле			
				60—75	90—105	40	4
Твердая № 7	C =0,56—0,60 Mn=0,50—0,70 Si =0,20—0,30 P ≤0,05 S ≤0,04	Закаливается хорошо, сваривается плохо.	Мелкие плоские пружины, ножевой товар, ножницы, шила, пробойники, циркули, шпинделя к токарным станкам, молотки для каменщиков, штемпеля, матрицы.	Отожженная			
				30—40	70 +5	35	12
				Закаленная в масле			
				65—85	110—95	35	3,5

Температура тепловой обработки и механические свойства углеродистой поделочной стали.

№ по порядку	Содержание углерода %	Тепловая обработка: Температура отжига С	Тепловая обработка: Температура ковки С	Нормальные свойства: Твердость по Бринелю H_B	Нормальные свойства: Предел текучести σ_s кг/мм²	Нормальные свойства: Сопротивление разрыву σ_b кг/мм²	Нормальные свойства: Удлинение δ %	Нормальные свойства: Поперечное сжатие ψ %	Лучшие свойства, отожж. состояние: Сопротивление разрыву σ_b кг/мм²	Лучшие свойства, отожж. состояние: Удлинение δ %	Лучшие свойства, после волоч.[1]: Сопротивление разрыву σ_b кг/мм²	Лучшие свойства, после волоч.[1]: Удлинение δ %
1	<0,1	920°	1200—900°	84—110	20—25	30—40	30	70—60	30—35	35—30	80—100	5—4
2	≈0,1	820°	1200—900°	91—116	22—27	31—42	30	70—60	30—35	35—30	80—100	5—4
3	>0,1	920°	1200—900°	102—126	24—28	37—45	25	65—65	35—37	30—25	90—110	5—
4	≈0,25	880—900°	1150—900°	115—140	25—30	42—50	24	60—50	42—44	28—25	120—130	4—2
5	≈0,35	820—850°	1150—850°	138—165	30—40	50—60	22	55—45	50—55	22—20	140—160	4—2
6	≈0,45	800—820°	1100—850°	166—205	30—45	60—70	17	45—35	65—65	20—17	160—180	4—2
7	≈0,60	780—800°	1100—850°	205—250	40—50	70—85	12	40—30	70—75	14—12	180—190	4—2

Примечание:

1. Только для втор степенных целей, напр. для железных прутьев в изгороди и пр. Сваривается всеми способами.

2. Фасонное железо, всевозможных профилей, проволока обычного назначения (для укупорки, заборов и пр.); части, от которых требуется вязкость (винты, кольца, заклепки и пр.); для цементации. Хорошо сваривается.

3. Жесть, фасонное железо, проволочные гвозди, цепи, крюки, лопаты. Сваривается.

4. Детали, подвергающиеся переменной нагрузке, как, напр., шатуны, коромысла и пр. Колесные шины, слабо нагруженные зубчатые колеса, для резьбы (хорошо нарезается); оси, у которых не опасаются значительного истирания. Трудно сваривается.

5. Валы с большой нагрузкой, коленчатые валы, трубные валы, детали, обладающие твердостью, как, напр., подшипники, *слабо нагруженные зубчатые колеса, лопаты; сосуды для сжатых газов.*

6. Для тех же деталей, однако для больших напряжений, для которых важен меньший объем и вес; для деталей, подвергающихся высокому поверхностному давлению — для червяков, реек, штифтов, клиньев и пр. Для сильно меняющейся нагрузки рекомендуется сталь улучшать специальной обработкой.

7. Для деталей, которые должны быть тверды в незакаленном состоянии, — червяки, части распределит. механизмов и пр. Для деталей, подвергающихся большим, но *не меняющимся нагрузкам, иначе их следует делать* более высокими специальной тепловой обработкой.

[1]) В отожженном состоянии сталь имеет наибольшее удлинение при наименьшем временном сопротивлении разрыву. В графе „*свойства после волочения*“ величины относятся к проволоке, диаметр которой уменьшен холодным волочением до *70—80%*.

механических свойствах содержание серы сказывается меньше содержания фосфора; последний увеличивает временное сопротивление разрыву σ_b, твердость H и модуль упругости E и уменьшает удлинение, поперечное сжатие и в особенности сопротивление ударам. Большое содержание серы заставляет с осторожностью производить ковку (во всяком случае при достаточно высоких температурах). [1]) Применяется автоматная сталь для винтов, частей аппаратов, домашней утвари, частей швейных машин и пр.—там, где хорошая способность обрабатываться окупает недостатки, вызванные высоким содержанием серы и фосфора. Автоматная сталь легко окисляется, но хорошо полируется и никелируется.

Автоматная сталь изготовляется следующего состава: C не более 0,17% (содержание углерода делается небольшим чтобы сталь не была чрезмерно хрупкой из-за большой примеси фосфора и серы. [2]) Mn = 0,5 — 0,7%, Si = не более 0,1%, P = 0,1 — 0,15%, S = 0,08 — 0,12%. Сталь сдается заказчику в неотожженном виде, с сопротивлением разрыву $\sigma_b = 65 - 80$ *кг/мм²*, удовлетворяющая следующему испытанию резанием: при обтачивании на автомате, при скорости резания $v = 36$ *м/мин.* и поперечной подаче $s = 0{,}012$ *мм* должна получаться чистая поверхность; чистая резьба должна получаться при $v = 10$ *м/мин.* (в обоих случаях охлаждение турбинным маслом с примесью 4% глицерина).

Американское о-во автомобильных инженеров с целью улучшить обрабатываемость стали для винтов принято следующий стандарт [3]) на автоматную сталь: C = 0,08—0,16%; Mn = 0,60—0,90%; P = 0,09—0,13%; S = 0,10—0,18%. Существовавший ранее стандарт автоматной стали отличается меньшим содержанием марганца (0,60—0,80%) и серы (0,075—0,15%).

Обрабатываемость режущим инструментом является лучшей у описанной выше автоматной стали. Очень хорошо обрабатываются прутки из пудлингового железа (C ≈ 0,1%), так как этот сорт материала очень неоднороден по строению и имеет много шлаковых включений, что способствует образованию хрупкой, мелкой стружки, легко удаляемой охлаждающей жидкостью при обработке. Прутки из машиноделочной стали с малым содержанием углерода (около 0,1%) обрабатываются плохо, так как этот материал вязок, быстро забивают канавки у инструмента, плохо отделяется от обрабатываемой детали и дает нечистую резьбу.

Значительно лучше отделяется стружка (получается более чистая поверхность) со стали с 0,25—0,35% и выше C, из которой поэтому преимущественно изготовляются детали, у которых должна быть чистая резьба; однако скорость резания при обработке такой стали ниже чем при обработке стали с меньшим содержанием углерода, из пудлингового железа [4]) или автоматной стали.

Железо Армко [5]) представляет собою почти химически чистое железо с содержанием Fe = 99,84%, C = 0,015%, остальное — марганец, сера и фосфор и следы кремния. [6]) Это железо очень мягко и тягуче, вслед-

---

[1]) Высокое содержание серы очень затрудняет и удорожает изготовление прутков автоматной стали вследствие ее хрупкости при прокатке.

[2]) Из стали заграничные сорта автоматной стали с очень малым содержанием (до 0,09%) углерода, что в значительной степени парализует вредное влияние (на хрупкость) серы и фосфора.

[3]) В 1931 г.

[4]) Пудлинговое железо для обработки на автоматах в последние годы совершенно выжито из этой автоматной стали ввиду большого содержания серы и фосфора.

[5]) От названия американской фирмы, впервые выпустившей на рынок такое железо.

[6]) Получается электролитическим путем из железа Армко химически чистое железо состава: 0,009% C, 0,006% S, 0,0% Si, 0,0% P, следы Mn, имеет удельный вес 7,89, очень мягко и имеет белый цвет.

ствие чего очень пригодно для вытягивания сосудов, и обладает свойством *мало окисляться (мало ржаветь)* под действием атмосферных влияний. Последнее свойство объясняется именно химической чистотой железа, вследствие которой устраняется главная причина ржавления — местные электрические токи, возникающие между разнородными частицами металла, действующими при воздействии влажности подобно гальваническому элементу. Механические свойства железа Армко: $\sigma_b \approx 26{,}7$ *кг/мм²* при $\delta \approx 32\%$.

Листовая сталь (железо) для вытягивания — глубокого штампования полых сосудов — должна быть очень мягкой и чистой, с содержанием углерода от 0,05 до 0,2%. Листовой материал должен быть: 1) возможно более вязким, с малым пределом упругости σ_s, низким *пределом* текучести σ_s при большом удлинении [1]) и 2) должен иметь особенно гладкую поверхность, так как при грубой поверхности, несмотря на самую тщательную смазку, при вытягивании часто возникают трещины и неравномерная толщина стенок вытяжек. Сталь должна быть хорошо отожжена [2]) и иметь мелкозернистую структуру. Химический состав колеблется в зависимости от назначения в пределах: *0,05—0,20% C, 0,3—0,5% Mn*, $<0{,}04\%$ P, $<0{,}04\%$ S. Сталь нормального качества для вытягивания имеет состав *0,07% C, 0,45% Mn, 0,04% S, 0,03% P* и $\sigma_s = 22$ *кг/мм²*, $\sigma_b = 30-34$ *кг/мм²*, $\delta = 28-32\%$. Если после ряда переходов при вытягивании и обычном отжиге при 600—900° возникает крупнозернистая структура (дающая хрупкость), то следует уменьшить коэфициент вытягивания (см. Том II) или же, если это невозможно, *отжигать при t* около 920°. Тонкостенные детали, которые теряют свою форму при 920°, достаточно недолго *прогревать при 600°*.

В зависимости от вязкости и способности вытягиваться в сосуды *сталь для вытягивания* имеет много различных сортов. Проект германского стандарта изд. 1931 г. на листовую сталь для вытягивания упоминает 7 главнейших марок, отличающихся друг от друга как состоянием поверхности, так и, главным образом, способностью вытягиваться. Последняя в значительной степени определяется испытанием по Эриксену. DIN 1623 указывает следующее различие вязкости по Эриксену для трех главнейших сортов стали для вытягивания:

Вязкость по Эриксену по DIN 1623.

Толщина листа *мм*	0,5	0,8	1	1,3	1,5
Декапированное железо	7,9	9,35	9,95	10,7	11,1
Сталь для глубоких вытяжек	8,35	9,6	10,18	10,9	11,25
Лучшая сталь для вытягивания	9,05	10,05	10,6	11,2	—

[1]) Сталь для вытягивания должна иметь удлинение по возможности не менее 22%, желательно около 30%; предел упругости по возможности должен быть не больше 0,5 σ_b, во всяком случае для вытяжек очень большей глубины. Твердость по Бринеллю желательна между 75 и 100 *кг/мм²*.

[2]) См. стр. 818.

Сталь для вытягивания (по DIN 2 E 1623).

Марка	Название	σ_b кг/мм²	или меньшее δ %	Поверхность	Применение
St V 23	Простая декапированная сталь	28—38	26—23	Без окалины с небольшой шероховатостью поверхности	Простые или эмалированные изделия
St VI 23	Двойная декапированная сталь	28—38	26—23	С гладкой поверхностью	Обыкновенные вытяжки
St VII 23	Сталь для глубоких вытяжек (2-е декап.)	28—38	30—26	Так же как St VI	Глубокие вытяжки
St VIII 23 t	Специальный сорт стали для глубоких вытяжек	32—42	30—26	Чистая матовая или глянцевая	Лучшая поверхность, пригодная для лакировки, для глубоких вытяжек
St VIII 23 k	Специальный сорт стали k	32—42	30—26	Мелкие поры и шероховатость в небольшом количестве	То же, но с более шероховатой поверхностью
St IX 23	Обшивочная сталь	28—38	20—17,5	Как St X 23, жесть правленая	Гладкое обшивочное железо для вагонов авто, мебели, для никелирования, лакирования и пр.
St X 23	Лучшая сталь для глубокого вытягивания (каретное железо)	32—42	30—26	Равномерная матовая или глянцевая	Наиболее сложные вытяжки

Ниже помещено описание декапированного листового железа по ОСТ.

Декапированное железо, применяемое для вытягивания сосудов штампованием, представляет собою мягкое, хорошо отожженное железо, протравленное для удаления окалины после отжига. ОСТ 2493 определяет вязкость железа испытанием на выдавливание лунки на приборе Эриксена

Ниже приведена табличка наименьшей глубины лунок; при этой глубине допускается появление трещин на железе. Допускается умень-

щение лунки на 10%, но не более чем на 20% всех испытуемых образцов проверяемой партии листов. Размеры пуансона и матрицы для этого испытания приведены на стр. 188.

Вязкость по Эриксену для декапированного железа по ОСТ 2493.

Толщина листов *мм*	Наименьшая глубина лунки *мм*
0,30—0,35	7,2
0,40—0,45	7,6
0,50—0,55	8,0
0,60—0,65	8,4
0,70—0,75	8,8
0,80	9,0
0,90	9,2
1,0—1,25—1,50	10,0
1,75—2,0	10,5

ОСТ 2493 разделяет декапированное железо на два сорта, отличающихся друг от друга качеством поверхности листов.[1]) Поверхность листов первого сорта должна быть ровной и гладкой без морщин, мятин, перегибов; на поверхности не должно быть видимых пузырей диаметром более 5 *мм*, причем они должны быть на расстоянии не более 25 *мм* от кромки листов в количестве не более 100 штук на лист; на поверхности не должно быть трещин, поврежденных мест и признак в окалины. Декапированное железо должно выдерживать без появления следов надрыва или отслоений, пробу на загиб на 180° при прокладке, последующим разгибом до исходного состояния.

В табличке справа приведена толщина листов по ОСТ 2492. Допускаемые отклонения толщины листа не должны превосходить для размеров от 0,3 до 0,5 *мм* погрешности ± 0,05 *мм*; для толщины выше 0,55 *мм* погрешность не должна быть больше 10% от толщины листа. Размеры ширины и длины листа не должны иметь погрешность, большую ± 0,5% от измеряемого размера.

Декапированное железо упаковывается в пачки весом 85 *кг* или по соглашению с заказчиком, — в 50 *кг*.

Толщина декапированного железа по ОСТ 2492.

Листы размером 710 × 1420 мм

Толщина *мм*	Теоретич. вес *кг*
0,30	2,37
0,35	2,77
0,40	3,17
0,45	3,56
0,50	3,96
0,55	4,35
0,60	4,75
0,65	5,14
0,70	5,54
0,75	5,94
0,80	6,33
0,90	7,12
1,00	7,91
1,15	9,10
1,25	9,89
1,50	11,87
1,75	13,85
2,00	15,82

Степень вязкости листовой стали *в зависимости от предыдущей обработки показывает приведенная ниже табличка для стали с содержанием* C = 0,11%, Mn = 0,40%, Si = 0,03%, S — следы, P = 0,01%.

Холодная прокатка, вытягивание, загибание и т. д. понижают *вязкость стали*, правильно проведенный отжиг (в зависимости от степени предыдущего наклепа, температуры и продолжительности нагрева) ее повышают:

[1]) Стоимость декапированного железа: I сорта от 322 руб. за тонну для толщины 0,3 *мм* до 292 руб. для толщины 8 *мм*; II сорта соответственно от 295 руб. до 200 руб.

Степени вязкости листовой стали.

(C = 0,11%, Mn = 0,40%, Si = 0,02%, толщ. 2 мм).

Различные сорта (по вязкости)	Твердость по Бринелю H_B	Твердость по Шору H_S	Вязкость по Эриксену глубина чашки в мм
Крепкая (рис. 75)	210	34,5	7,8
Жесткая (рис. 76)	151	27,5	10,1
Средневязкая (рис. 77)	136	24,0	11,0
Вязкая (рис. 78)	99	19,0	12,0
Очень вязкая (рис. 79)	94	18,0	12,6

Величины вязкости по Эриксену для других толщин материала будут другими, однако различие в вязкости в зависимости от предыдущей обработки останется аналогичным.

Крепкая листовая сталь (рис. 75) очень хрупка и непригодна для загибания и вытягивания; ее твердость является почти предельной для

Рис. 75. Крепкая — Рис. 76. Жесткая — Рис. 77. Средне-вязкая — Рис. 78. Вязкая — Рис. 79. Очень вязкая

мягкой стали. Она очень хорошо вырубается на вырубных штампах, причем получаются ровные и чистые края вырубок; [1]) для вырубных работ этот сорт наиболее пригоден. В тех случаях, когда нужно получить особо острые и чистые края у вытяжек или гнутых заготовок, можно применить для вырубки крепкий сорт стали с тем, чтобы после вырубания отжечь заготовку и произвести после этого загибание или вытягивание. Жесткая сталь (рис. 76) также хорошо вырубается и поддается загибанию в направлении поперек волокон; в направлении вдоль волокон при загибании получаются трещины.

Сталь средне-вязкая (рис. 77) загибается вдоль волокон на 90° и поперек волокон на 180°.

Вязкая сталь (рис. 78) может быть загнута на 180° как вдоль, так и поперек волокон и применяется для вытяжек. [2]) Этот сорт стали наиболее употребителен.

Очень вязкая сталь (рис. 79) — мягкая сталь в ее наиболее вязком состоянии, при котором отжиг уже не улучшает ее качества в отношении ее пригодности для глубоких вытяжек. [3]) Этот сорт при вырубании не дает чистой поверхности среза у вырубок. Это свойство

---

[1]) Вырубкой называется заготовка, получаемая вырубанием на прессах.

[2]) Вытяжкой называется заготовка, получаемая вытягиванием на прессах.

[3]) Опыты показали, что если с листа этого сорта тянуть вчистую медью, после чего ул сшить этим образом на матрицу, даст возможность получить еще более глубокие вытяжки.

не является однако крупным недостатком, так как после вытягивания заготовки большей частью подрезаются на станках.

Сталь волоченая холоднотянутая прутковая применяется главным образом для механической обработки на автоматах и револьверных станках.

Название	Обозначение	Содержание углерода	Механические свойства				Холодный загиб при диаметре оправки $d = 2a$, где a — толщина образца
			σ_b кг/мм²	δ %	ψ %	H_B кг/мм²	
Светлотянутое железо	СЖ	0,09—0,18	40—50	18	45	110—160	на 180°
Сталь светлотянутая мягкая	СМ	0,2—0,32	55—65	16	45	—	
Сталь светлотянутая средней твердости	СС	0,34—0,42	55—65	16	45	155—160	
Сталь светлотянутая полутвердая	СПТ	0,42—0,5	65—75	14	40	185—230	
Сталь светлотянутая твердая	СТ	0,56—0,64	75—85	12	35	215—265	
Сталь светлая особо-твердая	СТТ	0,56—0,64	85—95	8	30	245—295	на 90°

Содержание прочих примесей в стали: Mn = 0,4—0,7%; Si ≦ 0,4%; Cr ≦ 0,25%; P ≦ 0,06% для СЖ и СМ и ≦ 0,045% для других сортов; S соответственно ≦ 0,05% и 0,04%.

Сталь волоченая изготовляется круглого, квадратного и шестигранного сечения. Допуски на диаметр (или толщину) приведены в следующей таблице:

Диаметр или толщина прутков, мм	Для круглых и квадратных прутков, мм		Для шестигранных прутков мм
	+	—	
6—9	0,08	0	— 0,20
10—15	0,10	0	— 0,20
15—25	0,15	0	— 0,25
свыше 25	0,15	0	— 0,30

Допуск на длину против указанной в заказе: + 50 мм.

Механические свойства стальной проволоки.[1]

№№ стали по прейскуранту ИОЗ	Временное сопротивление разрыву σ_b кг/мм²	Удлинение δ %	Сжатие ψ %	Число оборот. на кручение при $l = 100$ мм
Проволока мартеновской стали.		Не менее	Не менее	Не менее
№ 3 C = 0,08—0,13 . . .	45— 70	5	60	50
№ 3½ C = 0,14—0,20 . . .	50— 75	6	55	45
№ 4 C = 0,21—0,28 . . .	65— 80	5	50	40
№ 5 C = 0,29—0,35 . . .	60— 85	4,5	45	35
№ 5½ C = 0,36—0,41 . . .	60— 85	4	40	30
№ 6 C = 0,42—0,47 . . .	65— 90	4	35	25
№ 6½ C = 0,48—0,55 . . .	65—100	4	30	20
№ 7 C = 0,56—0,60 . . .	65—100	4	30	15
Проволока тигельной стали.				
№ 60 C = 0,60—0,74 . . .	60—100	5	35	30
№ 75 C = 0,75—0,89 . . .	70—100	4,5	30	25
№ 90 C = 0,90—1,04 . . .	70—100	4	25	20
№ 105 C = 1,05—1,19 . . .	80—100	3,5	20	15
№ 120 C = 1,20—1,35 . . .	70—100	3	15	10

Следует иметь в виду, что волоченая в холодном состоянии проволока, при одинаковом содержании углерода, дает различное сопротивление разрыву σ_b при различных диаметрах: чем диаметр проволоки меньше, тем выше сопротивление разрыву 1 *см*² сечения проволоки, так как при малых диаметрах влияние наклепа больше, чем при больших диаметрах.

Проволока стальная марки Р, покрытая цинком, оловом или никелем, полученная холодным волочением катанки с последующим патентированием и травлением, изготовляется с допусками на наружный диаметр: для ∅ 2,5 до 3,0 *мм* + 0,04—0,02 *мм* и от ∅ 3,0 *мм*, и более — + 0,05—0,02 *мм*. Эта проволока по ОСТ 719 должна удовлетворять следующим минимальным требованиям:

[1]) Ориентировочная стоимость 1 *кг* проволоки из поделочной, инструментальной мартеновской и тигельной стали в рублях.

Диаметр	Инструментальн.		Поделочная
	Тигельн.	Мартен.	
1,6 *мм*	6,7	5,7	5,5
3 „	4,56	3,55	3,3
5 „	2,53	1,7	1,4
8 „	2,03	1,3	1,1

Механические свойства проволоки марки Р.

Диаметр проволоки d *мм*	Площадь поперечного сечения F *мм²*	Сопротивление разрыву σ_b *кг/мм²*	Удлинение δ $(l = 10d)$ %	Число перегибов на 180°	Число скручивания на 360°	
					Для горячо оцинк. проволоки	Для проволоки, покрытой другим способом
2,5	4,9	130	6	5	14	16
3,0	7,06	120	6	4	12	14
3,5	9,6	115	7	3	10	12
4,0	12,5	110	7	3	8	10
4,5	15,9	105	8	2	7	9
5,0	19,6	100	8	2	6	8

Проволока стальная мягкая (*железо*), марки К, *оцинкованная* или луженая, полученная холодным волочением катанки с последующим отжигом, изготовляется со следующими допусками: ∅ 1,0—1,4 *мм* ± 0,05 *мм*; 1,4—2,0 *мм* ± 0,06 *мм*: ∅ 2,0—3,5 *мм* ± 0,07 *мм*; ∅ 3,5 и выше ± 0,08 *мм*. Эта проволока по ОСТ 720 должна удовлетворять следующим требованиям:

Механические свойства проволоки марки К.

Диаметр проволоки d *мм*	Площадь поперечного сечения F *мм³*	Сопротивление разрыву σ_b *кг/мм²*	Число перегибов на 180°	Число скручиваний на 360°
5,0	19,6	45	3	10
4,5	15,9	45	4	12
4,0	12,55	45	5	13
3,5	9,6	45	6	14
3,0	7,06	45	7	16
2,5	4,9	45	8	18
2,0	3,14	45	9	20
1,8	2,54	45	11	23
1,6	2,01	45	12	25
1,4	1,54	45	14	30
1,2	1,13	45	18	33
1,0	0,784	45	21	35

Проволока стальная высокого сопротивления марки ВС, оцинкованная, луженая или травленая, получается холодным волочением катанки с последующим патентированием и травлением. По ОСТ 721 допуски на диаметр: для ∅ менее 0,9 *мм* + 0,04 *мм*, ∅ 0,9—1,5 *мм* + 0,04—0,01 *мм*, ∅ 1,5—2,4 *мм* + 0,04—0,02 *мм*, ∅ 2,4—3,9 *мм* + 0,05—0,02 *мм*, свыше ∅ 3,9 *мм* + 0,06 — 0,02 *мм*. Эта проволока по ОСТ должна удовлетворять следующим требованиям:

Механические свойства проволоки ВС.

Диаметр проволоки d *мм*	Площадь поперечного сечения F *мм²*	Сопротивление разрыву σ_b *кг/мм²*	Удлинение δ ($l = 10d$) %	Число перегибов на 180°	Число скручиваний на 360°	
					Для горячеоцинк. проволоки	Для проволоки покрытой другим способом
0,5	0,196	160	—	50	60	88
0,6	0,282	160	—	40	50	66
0,7	0,384	160	—	30	43	55
0,8	0,502	160	—	27	38	50
0,9	0,635	160	—	22	34	44
1,0	0,784	160	—	21	30	40
1,2	1,13	150	—	18	25	33
1,4	1,54	150	—	15	22	28
1,6	2,01	150	—	12	20	25
1,8	2,54	140	—	10	18	22
2,0	3,14	140	—	8	17	20
2,5	4,9	130	6	5	14	16
3,0	7,06	120	6	4	12	14
3,5	9,6	115	7	3	10	12
4,0	12,55	110	7	3	8	10
4,5	15,9	105	8	2	7	9
5,0	19,6	100	8	2	6	8

Проволока стальная особо высокого сопротивления марки ОВС, покрытая цинком, оловом или никелем, полученная холодным волочением катанки, с последующим патентированием и травлением. Допуски на диаметр по ОСТ 722: до ∅ 0,9 *мм* + 0,4 — 0,00 *мм*. ∅ 0,9 — 1.6 *мм* + 0,03 — 0,01 *мм*, ∅ 1.6 — 2,4 *мм* + 0,04 — 0,01 *мм*. ∅ 2,4 — 3.0 *мм* + 0,04 — 0,02 *мм*, свыше ∅ 3,0 *мм* + 0,05 — 0,02 *мм*.

Минимальные механические свойства этой проволоки по ОСТ 722 приведены в таблице на стр. 256.

Для всех сортов проволоки механические свойства, указанные в таблицах, определяются при следующих условиях:

1) радиус губок при испытании на загиб 5 *мм*. 2) расстояние между губками должно быть на 0.2 *мм* больше диаметра проволоки, проволока же плотно закрепляется в зажиме прибора; 3) количество загибов и скручиваний не должно быть больше 60 в минуту; 4) первый загиб на 90° и последний, при котором произошел излом, не учитываются при испытании; 5 расстояние между захватами при скручивании должно быть равно 200 *мм*; 6) длина образца подвергаемая растяжению при испытании на разрыв, должна быть не менее 150 *мм*; 7) удлинение измеряется на длине $l = 10\,d$

3. Специальная поделочная сталь.

Специальной поделочной сталью называется сталь, применяющаяся для деталей различных сооружений и механизмов, в которую кроме железа и углерода входят в виде примесей другие вещества (никель,

хром, марганец, кремний, вольфрам, ванадий и пр.), специально присаживаемые к стали для придания ей различных свойств. Ниже приведены данные для некоторых сортов специальной стали, изготовляемых в СССР; из этих данных видно также влияние тепловой обработки на механические свойства стали.

Механические свойства проволоки ОВС.

Диаметр проволоки d *мм*	Площадь поперечн. сечения F *мм²*	Общее разрывное усилие *кг*	Сопротивление разрыву σ_b *кг/мм²*	Число перегибов на 180°	Число скручиваний на 360°
5	19,6	2740	140	2	8
4,5	15,9	2300	145	3	9
4,0	12,55	1885	150	4	11
3,5	9,6	1535	160	5	13
3,0	7,06	1165	165	6	15
2,5	4,9	883	170	8	18
2,3	4,14	704	170	10	21
2,0	3,14	550	175	13	25
1,8	2,51	445	175	16	30
1,6	2,01	3[illegible]0	180	20	35
1,4	1,54	277	180	24	41
1,2	1,18	203	180	29	48
1,0	0,784	149	190	34	56
0,9	0,635	121	190	40	65
0,8	0,502	96	190	46	74
0,7	0,385	77	200	53	83
0,6	0,282	56	200	60	92
0,5	0,196	39	200	68	101
0,4	0,125	26	210	78	110
0,3	0,07	14,5	210	85	119

Никелевая сталь. Никель присаживается к поделочной стали для улучшения ее механических свойств — повышения предела текучести σ_s, сопротивления разрыву σ_b, увеличения вязкости и ударного сопротивления. В инструментальной стали никеля не применяют, так как при повышенном содержании углерода уже незначительное содержание никеля при закалке способствует образованию крупного мартенсита, вследствие чего закаленная инструментальная сталь с никелем хрупка. В поделочной никелевой стали содержится, в зависимости от сорта, от 1,5 до 8% Ni при 0,12 — 0,45% углерода. Никелевая сталь с содержанием углерода не выше 0,2% пригодна для цементации. Изготовленные из *никелевой стали для цементации детали* (зубчатые колеса и пр.) после цементации получают высокоуглеродистый твердый поверхностный слой при вязкой сердцевине. Цементированные детали из никелевой стали, по сравнению с цементированными деталями из углеродистой стали, обладают бо́льшим пределом текучести, бо́льшим временным сопротивлением и бо́льшим ударным сопротивлением. Присутствие никеля однако несколько замедляет цементацию и делает наружный закаленный слой менее твердым, но зато никелевая сталь без ущерба выносит продолжительный и высокий нагрев, не делаясь хрупкой. Цементация никелевой стали с содержанием углерода в 0,15% производится при 885—900°С; после цементации изделия оставляют остывать в ящиках. Затем их вынимают, нагревают до 830—845°С и охлаждают в масле; иногда для получения лучшей структуры изделия снова нагревают до 745—760°С и снова быстро охлаждают в масле, после чего, если требуется, отпускают при 160—260°С (см. также главу о тепловой обработке стали).

Никелевая сталь при содержании никеля начиная с 2% и выше лучше углеродистой стали прокаливается в глубину материала (никель облегчает получение сквозной закалки).

Никелевая сталь с содержанием никеля в 6% и выше после цементации дает твердый наружный слой, вследствие чего закалка такой стали после цементации не является необходимой, так как охлаждение на воздухе (из-за большого содержания никеля) уже дает высокую твердость поверхностного слоя (так как никель сильно снижает критические температуры).

Никелевая сталь с 3—3,5% никеля и с большим содержанием углерода (до 0,40%) не подвергается цементации; она применяется для металлических конструкций, для броневых плит, для огнестрельного оружия, для рельс и пр. Одной из причин ее применения в качестве материала для броневых плит является ее вязкость, благодаря которой она не трескается при прохождении через нее снаряда или пули. Крупповская броневая сталь содержит приблизительно 3,5% никеля, 1,5% хрома и 0,25% углерода. Пригодность никелевой стали для железнодорожных рельс обусловливается главным образом ее стойкостью против истирания и высоким пределом упругости. Утверждают, что на закруглениях малого радиуса рельсы из никелевой стали служат в четыре раза дольше рельс из углеродистой стали.

Вследствие своей вязкости никелевая сталь обрабатывается труднее, чем простая углеродистая сталь. [1]) Сварка так же несколько затрудняется присутствием никеля, в особенности если его содержится больше 5%.

Высокопроцентная никелевая сталь мало окисляется и потому с успехом применяется для лопаток паровых турбин, клапанов двигателей, паровых машин и пр. Сталь с содержанием никеля около 25% немагнитна; ее можно сделать магнитной лишь охлаждением до —40°С.

Указанные ниже маломагнитная сталь и сталь марки ЭН 30 кроме никеля содержат еще хром, так что по существу являются уже сортами хромоникелевой стали.

Маломагнитная сталь, изготовляемая заводом Электросталь (марка ЭН 25), имеет состав: C = 0,25—0,35%; Ni = 22,0—25,0%; Cr = 2,0—3,0%. Она применяется для компасных коробок и металлических частей, расположенных близ компаса, для всех деталей, которые должны быть немагнитны, и для частей, находящихся под действием пара и воды. Она куется при 1150—875°, закаливается при 930° в масле, отжиг и отпуск не производят. Ее механические свойства (без тепловой обработки): $\sigma_b = 60$ *кг/мм²*, $\sigma_s = 25$ *кг/мм²*, относительное сжатие $\psi = 50\%$, относительное удлинение $\delta = 30\%$.

25—30%-никелевая сталь в настоящее время за границей вследствие своей малой окисляемости иногда применяется для трубок паровых котлов. Произведенные инж. Ярроу опыты показали, что такие трубки из никелевой стали в два раза долговечнее железных трубок. Их высокая прочность и предел упругости позволяют делать их более тонкостенными чем трубки из железа. Что касается расширения таких трубок от нагревания, то оказалось, что нагретые до темнокрасного каления трубки из никелевой стали удлиняются более, чем трубки из железа.

Изготовляемая заводом Электросталь (марки ЭН 30) состава C = 0,25—0,35%, Ni = 28,0—32,0%, Cr = 2,0—3,0% применяется для ответственных паровых и водяных труб и вентилей, а также для электросопротивлений

[1]) Обрабатываемость никелевой стали с содержанием никеля ≈ 3,5% и 0,3% углерода при сопротивлении разрыву до 115 *кг/мм²* оказывается лучшей, чем обрабатываемость стали с тем же или несколько большим содержанием углерода и 1% хрома. Вообще специальная сталь с не очень большим временным сопротивлением и с содержанием хрома (например хромоникелевая), обрабатывается хуже, чем сталь без хрома (напр. мер, чем никелевая сталь). При большем сопротивлении разрыву, чем 115 *кг/мм²* зависимость изменяется, и обрабатываемость хромистой или хромоникелевой стали становится лучшей чем никелевой стали.

Специальная сталь цементуемая.

(Зав. Электросталь).

Марка	Химический состав в %	Температура ковки и отжига	Механические свойства					
			Тепловая обработка	σ_s	σ_b	ψ	δ	ρ[1]
Э1	C=0,10—0,16 Cr=0,20—0,50 Ni=1,70—2,30 Si≤0,35 Mn=0,20—0,50 S≤0,015 P≤0,03 W≤0,15	Ковка 1100—825° Нормализ. 860°	1. Отожженная	25	40	65	25	> 12,5[2]
			Уковка на диаметр 30 *мм* и тепловая обработка					
			2. Закалка 850° в воде; отпуск 200°.	85	115	45	7	8
			3. Закалка 860° в масле, зак. 760° в масле; отпуск 200°	30	70	50	17	> 12,5
			Уковка на ∅ 15 *мм* и тепл. обработка					
			4. Закалка 860° в масле, закалка при 760° в масле; отпуск 200° .	60	80	50	15	> 12,5
Э3	C=0,10—0,15 Cr=0,55—0,90 Ni=2,80—3,40 Si=0,35 Mn=0,20—0,50 S=0,015 P=0,03 W=0,15	Ковка 1100—825°	1. Отожженная	30	50	60	20	> 12,5
			Уковка на ∅ 30 *мм* и тепловая обработка					
			2. Закалка 850° в воде; отпуск 200°.	90	125	50	8	10
			3. Закалка 860° в масле, закалка 760° в воде; отпуск 200°	55	95	50	9	10

Э3		Нормализ. 860°	Уковка на ∅ 15 *мм* и тепловая обработка 4. Закалка 860° в масле, закалка 760° в масле; отпуск 200°	100	110	50	8	10
Э5	C=0,10—0,16 Cr=0,75—1.10 Ni=3,40—4,00 Si≤0,35 Mn=0,20—0,50 S<0,015 P0≤,03 W≤0,15	Ковка 1100—825° Отжиг 780°	1. Отожженная . . . . . . Уковка на ∅ 30 *мм* и тепловая обработка 2. Закалка 850° в воде; отпуск 200°. . 3. Закалка 860°, в масле закалка 760° в масле; отпуск 200° . . . Уковка на ∅ 15 *мм* и тепловая обработка 4. Закалка 860° в масле, закалка 760° в масле; отпуск 200° . . .	35 110 75 105	55 125 100 105	55 75 55 55	17 7 7 7	> 12,5 6 8 8
ЭИ5	C=0,10—0,17 Ni=4,5—5,25 Cr<0.25 Mn≤0,6	Ковка 1100—825° Отжиг 780°	1. Отожженная . . . . . . Тепловая обработка образцов ∅ 30 *мм*. 2. Закалка 860° в масле, закалка 780° в масле, отпуск 200°	35 75	50 100	65 40	15 9	> 12,5 8

1) Ударное сопротивление в *кгм.см*².
2) Цифры > 12,5 следует понимать в том смысле, что образец на копре 10 *кгм* не разбился.

Специальная сталь нецементуемая.

(Зав. Электросталь).

Марка	Химический состав в %	Температура ковки и отжига	Механические свойства					
			Тепловая обработка	σ_e	σ_b	ψ	δ	ρ [1]
Э2	C=0,17—0,25 Cr=0,5—0,9 Ni=2,0—2,75 Mn=0,25—0,50 Si≦0,40	Ковка 1100—825° нормализ. 860°	1. Отожженная	30	50	60	20	> 12,5 [2]
			2. Зак. 820° в масле; отпуск 400° .	65	90	50	7	9
			3. „ „ „ „ „ 500° .	65	85	55	9	> 12,5
			4. „ „ „ „ „ 600° .	60	75	65	12	> 12,5
Э4	C=0,17—0,25 Cr=0,5—0,95 Ni=2,65—3,35 Mn=0,25—0,5 Si≦0,40	Ковка 1100—825° Отжиг 780°	1. Отожженная	25	55	65	23	> 12,5
			2. Зак. 820° в масле; отпуск 375° .	100	120	40	7	7
			3. „ „ „ „ „ 425° .	85	100	60	8	10
			4. „ „ „ „ „ 475° .	80	95	65	9	> 12,5
Э6	C=0,25—0,33 Cr=0,70—1,10 Ni=3,30—4,00 Mn=0,25—0,50 Si≦0,40	Ковка 1100—825° Отжиг 780°	1. Отожженная	40	70	55	15	[illegible]
			2. Зак. 820° в масле; отпуск 300° .	135	145	45	6	5
			3. „ „ „ „ „ 400° .	115	125	55	7	6
			4. „ „ „ „ „ 500° .	90	100	58	9	9
			5. „ „ „ „ 600° .	80	90	62	10	> 12,5

Э10	C=0,33—0,41 Cr=1,20—1,60 Ni=3,00—3,70 Mn=0,25—0,50 Si≤0,40	Ковка 1100—825° Отжиг 780°	1. Отожженная . . . . . . 2. Зак. 820° в масле; отпуск 450° . 3. . . . . 550° . 4. . . . . 650° .	40 125 95 80	70 150 115 100	55 45 55 60	12 6 10 12	8 4 7 > 12,5
Э14	C=0,16—0,24 Cr=0,70—1,10 Ni=3,90—4,60 V=0,20—0,40 Mn=0,25—0,50 Si≤0,40	Ковка 1100—825° Отжиг 780°	1. Отожженная . . . . . . 2. Зак. 820° в масле; отпуск 400° . 3. . . . . 450° . 4. . . . . 500° .	45 125 110 100	70 135 125 120	55 55 60 60	14 7 8 9	7 7 8 10
ЭХТ	C=0,30—0,41 Cr=0,80—1,20 Ni < 0,50 Mn=0,50—0,80 Si≤0,35	Ковка 1100—825° Отжиг 780°	1. Отожженная . . . . . . 2. Зак. 820° в масле; отпуск 450° .	25 80	55 105	50 45	20 5	6 6
ЭН3	C=0,25—0,35 Ni=2,75—3,50 Cr<0,25 Mn≤0,60 Si≤0,35	Ковка 1100—825° Отжиг 780°	1. Отожженная . . . . . . 2. Зак. 820° в масле; отпуск 500° .	30 65	55 80	60 55	15 10	9 7

[1]) ρ — ударное сопротивление кгм/см².
[2]) Цифры > 12,5 следует понимать в том смысле, что образец на копре 10 кгм не разбился.

Химический состав и механические свойства углеродистой и главнейших сортов специальной поделочной стали.
(По Геренсу).

№№ по порядку	Химический состав в %						Модуль упругости E кг/мм²	Отожженный материал				Улучшенный дополнительной тепловой обработкой			
	C	Si	Mn	Ni	Cr	W		Предел текучести σ_s кг/мм²	Временное сопротивление разрыву σ_b кг/мм²	Удлинение ($l = 5d$) δ %	Сопротивление излому ударом бруска с надрезом ? кгм/см²	Предел текучести σ_s кг/мм²	Временное сопротивление разрыву σ_b кг/мм²	Удлинение ($l = 5d$) δ %	Ударное сопротивление (кгм/см²)
1	0,05							20	31	42	30				
2	0,10							26	39	34	20	(35)	(55)	(24)	(20)
3	0,20							28	45	30	16	(40)	(60)	(20)	(10)
4	0,30							36	50	26	11	32	56	26	14
5	0,40						20 700	32	56	23	8	36	63	23	11
6	0,50							34	63	20	6	40	70	20	8
7	0,60							37	70	17	4	43	78	17	6
8	0,70							40	78	14	3	46	85	15	4
9	0,80							42	85	12	2	48	92	13	3
10	0,40	1,5					20 300					50	78	20	7
11	0,70	1,5										125	140	7	2
12	0,20		1,0					23	50	27	12	35	56	26	16
13	0,40		1,5				20 800					32	78	19	10
14	0,40		1,0									85	115	7	3
15	1,20		12,0									35	100	50	30
16	0,40	0,5	1,5									55	80	20	9
17	0,40	1,5	1,5									60	85	18	8
18	0,20			1,0				22	50	27	18	35	56	26	20
19	0,30			1,0			20 400	35	56	25	12	38	63	24	15
20	0,50			1,0				39	70	19	5	45	78	20	8

21	0,10		3,0				30	50	28	20	35	56	28	25
											(50)	(70)	(18)	(18)
22	0,20		3,0			20 400	35	50	28	25	40	63	24	22
											40	56	28	30
23	0,10		4,5								(55)	(80)	(15)	(18)
24	0,20		4,5								48	65	22	25
25	0,12		25,0			18 200	30	63	38	30				
26	0,30		30,0				34	65	36	30				
27	0,15			0,75			30	50	26	15	(50)	(75)	(13)	(8)
28	0,25			1,25		20 700					40	63	20	15
29	0,40			1,50							72	92	15	10
30	0,80			1,50							85	115	8	4
31	0,25		2,0	1,0							45	65	22	17
32	0,30		2,0	1,0							50	70	21	16
33	0,40		1,0	1,5							72	92	17	12
34	0,13		2,75	0,7		20 400	35	55	24	20	48	63	24	22
											(75)	(100)	(13)	(10)
35	0,40		2,0	0,8							65	80	18	14
36	0,20		3,0	0,6							50	65	22	21
37	0,15		3,5	0,8			40	65	22	18	60	75	22	22
											(100)	(120)	(12)	(10)
38	0,20		4,0	1,2			45	70	20	16	70	85	18	20
						20 400					90	105	12	14
											(140)	(160)	(8)	(5)
39	0,30		4,5	1,5			50	75	18	14	85	100	14	16
											(150)	(175)	(6)	(4)
40	0,35		4,0	1,5	1,0						110	125	12	10
											130	140	10	6
41	0,10		1,5	15,0							65	80	18	20
											100	135	10	6
42	0,10		0,5	15,0		21 700					52	70	22	22
43	0,15		7,0	20,0		19 900					45	80	40	30

[1]) Величины, заключенные в скобки, относятся к закаленной стали

[2]) Форма брусков, подвергавшихся испытанию ударом на излом: 30 × 30 × 160 *мм*; выемка (надрез) ∅ 4 *мм* глубиной 15 *мм* (о других формах см. стр. 168).

и контактов к ним. Она куется при 1150—875°; отжиг, закалку и отпуск не производят. Ее электросопротивление—0,85 *ом/м/мм²*.

Никелевая сталь с 36% никеля называется инваром; [1]) она замечательна малым расширением *при нагревании (0,0000013 м на 1 м длины* при нагревании на 1°С). Применяется для физических приборов.

Никелевая сталь с 50% никеля обладает коэфициентом расширения *равным стеклу* и платине. Сталь под названием платинит (марка ЭН 48) изготовляется заводом „Электросталь" состава: С=0,10—0,20%, Ni=48,0—51,0%. *Она куется при* 1150—875°С, *отжига*, закалки и отпуска ее не производят. Ее механические свойства (без тепловой обработки): $\sigma_b = 60$ *кг/мм²*, $\sigma_s = 30$ *кг/мм²*, относительное *удлинение* = 35%, коэ*фициент расширения* (*при* нагревании от 0 до 300°) $= 6{,}0 \times 10^{-6}$.

Хромоникелевая сталь является наиболее употребительной из сортов специальной стали. Обычно содержание основных примесей *колеблется в пределах*: 1—4% никеля, 0,45—1,75% хрома при 0,10—0,40% углерода и 0,30—0,65% марганца. Однако в некоторых сортах хромоникелевой стали содержание *никеля доходит* до 10% и выше (нержавеющая сталь), содержание хрома—до 10—14% (например сталь для турбинных лопаток). Наиболее употребительные сорта хромоникелевой стали *из числа изготовляемых* в СССР приведены на стр. 258—261, где указаны также и их механические свойства.

Недостатком хромоникелевой стали является легкость образования трещин при ковке, а также возникновение хрупкости, если после нагревания при отпуске охлаждение *производилось слишком медленно*. Кроме того хромоникелевая сталь более чувствительна к перегреву чем углеродистая сталь, что следует учитывать при закалке, ковке и пр. *Вследствие уменьшения* критической скорости при закалке детали из хромоникелевой стали легко получают сквозную закалку, вследствие чего обеспечивается однородная *структура по сечению изделия*. В виду чувствительности к перегреву желательно детали из хромоникелевой стали подвергать тщательной последующей тепловой обработке.

После цементации при 900°С ящики с изделиями медленно остужают, затем изделия вынимают из ящиков, нагревают до 845°, закаливают в воде или *лучше в масле, снова нагревают* до 750° и снова быстро охлаждают, после чего производится отпуск при 220°С.

Хромоникелевая сталь с содержанием *3,5% никеля, 1,5% хрома и 0,40%* углерода идет главным образом для высокосортных зубчатых колес, закаливаемых без предварительного науглероживания их поверхности. *Сталь с 3,00% никеля*, 0,8% хрома и 0,35% углерода применяется для ответственных частей машин, кривошипов, осей, шпинделей, валов; для цементации эта сталь не употребляется.

Хромоникелевые сорта стали с высоким содержанием хрома и никеля являются нержавеющими и в то же время имеют хорошие механические *свойства* и часто применяются в промышленности.

Так, например, сталь с 20% Cr, 15% Ni и с малым содержанием углерода после наклепа (холодной прокатки) получает высокое σ_b (*до* 150 *кг/мм²*) *и* σ_s (до 100 *кг/мм²*) и в таком виде находит применение в авиации и для других целей; такая сталь хорошо сваривается.

Хромистая сталь. О влиянии хрома на свойства стали см. стр. 282. *Процент содержания* хрома в подшипниковой стали колеблется в очень широких пределах. В зависимости от содержания хрома сталь можно разбить на две группы — с *малым содержанием* хрома (0,4—3%)

[1]) Элинвар — никелевая сталь с почти не изменяющимся *модулем упругости* при нагревании.

и с высоким содержанием хрома (11—16%). Хромистая сталь с малым содержанием хрома применяется для деталей, от которых требуется повышенная твердость, сопротивление износу, повышенное сопротивление разрыву и повышенный предел текучести, большая глубина закаленного слоя, специальные магнитные свойства и т. д. Для шариков для шарикоподшипников пригодна сталь с 1,0—1,3% — 1,6% Cr и 0,85—1,10% C; для пружин и рессор — сталь с 1,5% Cr и 0,20—0,40% C. Сталь с 0,75—1,3% Cr и 0,2—1,1% C применяется для сейфов и несгораемых шкафов, для бронебойных снарядов и пр.

Хромистая сталь для цементации, применяющаяся для зубчатых колес, валов, шпилек и пр., имеет состав: C = 0,10—0,20%, Cr = 0,55—0,9% при содержании Mn = 0,3—0,6% и Si не выше 0,25%. Температура закалки после цементации должна быть несколько выше, чем для углеродистой стали, и закалка должна производиться в масле.

Механические свойства некоторых сортов хромистой стали с различным содержанием хрома и углерода указаны в приводимой здесь таблице (механические свойства таблицы относятся к „улучшенной" стали путем закалки ее в масле с температуры, превышающей на +90° критическую температуру Ac_1, и последующего отпуска при температуре Ac_1 — 80°). Расположение критических температур Ac_1 следующее: для C = 0,26% и Cr = 1,04% t = 770°, C = 0,55% и Cr = 2,80% t = 765°, C = 0,71% и Cr = 4,88% t = 787°, C = 0,46% и Cr = 12,2% t = 807°.

Механические свойства хромистой стали, улучшенной тепловой обработкой.

Содержание		Температура отпуска	σ_b	σ_s	δ	ψ
C%	Cr%		кг/мм²	кг/мм²	%	%
0,16	1,00	670°	45,6	28,3	39	77
0,24	1,50	680°	58,2	39,2	29	72
0,22	2,90	675°	64,5	48,6	27	74
0,41	3,05	700°	75,5	55,0	27	69
0,48	5,95	735°	75,9	49,0	26	66
0,64	2,27	685°	94,9	74,0	20	56
0,72	0,95	670°	104,2	66,0	19	47

Хромистая сталь с содержанием углерода около 1% и Cr около 2% применяется в качестве магнитной стали. Заводом „Электросталь" изготовляется магнитная сталь марки ЭХ состава: C = 1,05—1,15% Cr = 2,00—2,50%. Эта сталь куется при 1075—800°. Гнутье магнитов из этой стали производится при 800—850°, закалка их при 850° в масле. Магнитные свойства при этом: остаточная индукция $B = 9000—9500$, коэрцитивная сила $H_c = 55—60$, максимальная магнитная энергия в эрг/см³ $\left(\frac{B \cdot H}{8\pi}\ \max\right) = 9000$.

Высокопроцентная нержавеющая хромистая сталь, железо содержат 11,0—25% Cr при 0,1—0,5% C, другие примеси также возможны (никель, молибден, марганец, вольфрам, кремний и пр.). Этот материал замечателен своей стойкостью против окисления как при комнатных, так и при высоких температурах. Применяется для клапанов двигателей внутреннего сгорания, для лопаток паровых турбин для шариковых подшипников, для частей, работающих в воде (насосы), в металлургии и пр. Ковка такой стали производится при температуре между 980—1200°C; ковка при более низкой температуре может вызвать трещины вследствие значительной твердости стали при красном каленьи. Твердость стали, остывшей после ковки на воздухе, высока — от 250

до 500 по Бринеллю (большое количество хрома делает сталь самозакаливающейся). Отжиг производится при 700—780° С, после отжига сталь охлаждают на воздухе, в воде или масле. После такой обработки сталь имеет твердость 200 по Бринеллю при временном сопротивлении разрыву от 70 до 78 *кг/мм²*. Если желают получить сталь особенно мягкой, после ковки ее отжигают при 850—900° С и очень медленно охлаждают. Закалка поковок производится охлаждением в воздухе или масле с температуры 900—960°. Клапаны для авиомоторов, изготовленные из такой стали, закаливаются в масле с температуры в 900° С и отпускаются при 600—650° С.

Наибольшую стойкость против окисления такая сталь имеет при хорошо отполированной поверхности изделия; если же поверхность обработана грубо, изделия могут ржаветь.

Ниже приводится табличка для трех сортов нержавеющей стали из числа изготовляемых в СССР заводом Электросталь с указанием механических свойств в зависимости от тепловой обработки.

Марка	Химический состав в %	Температ. ковки и отжига	Механические свойства: Тепловая обработка	$\sigma_в$	$\sigma_б$	δ	ρ
3 нерж. 1 (хромистая)	C 0,08—0,13 Cr 11,0—14,0 Ni 0,4—0,6 Si ≤ 0,35 Mn ≤ 0,55	*Ковка* 1150—875° *Отжиг* 860°	1. Отожженная	20	40	74	25	> 12,5
			2. Зак. 1050° на воздухе; отпуск 500°	80	100	65	10	10
			3. Зак. 1050° на воздухе; отпуск 600°	55	75	70	15	12,5
3 нерж. 3 (хромистая)	C 0,23—0,33 Cr 11,0—14,0 Ni 0,4—0,6 Si ≤ 0,35 Mn ≤ 0,45	Ковка 1150—875° Отжиг 860°	1. Отожженная	30	55	70	21	12,5
			2. Зак. 1050° на воздухе; отпуск при 500°	125	150	40	8	3
			3. То же, но отпуск 600°	80	96	55	10	6
3 нерж. 6 (хромоникел.)	C 0,15—0,25 Cr 18,0—22,0 Ni 6,0—8,0 Si ≤ 0,40 Mn ≤ 0,40	*Ковка* 1150—875° *Отжиг* не нужен	1. Кованная	45	80	35	20	10
			2. Закаленная при 1050° на воздухе или в воде	20	70	90	45	> 12,5

Обрабатываемость нержавеющей стали режущими инструментами хуже углеродистой стали. Резец должен иметь передний угол $\gamma = 30°$ и задний угол $\alpha = 10°$, *то есть несколько большие*, чем для углеродистой стали аналогичного сопротивления разрыву. В виду особой склонности нержавеющей стали получать наклеп (*нагартовываться*) *при* механической обработке, режущая кромка резца должна быть по возможности острой и задняя грань не должна тереться об *обрабатываемый предмет*. Резец следует опирать на суппорт или поддерживать в державке возможно ближе к режущей кромке. Следует давать возможно *больший* задний угол у режущих кромок спиральных сверл ($\approx 15°$), чтобы устра-

нить трение затылка сверла об обрабатываемый материал (и тем самым нагартовывание стали); также важно иметь острые режущие кромки сверл с выточками у поперечного лезвия. У фрез задний угол зубцов должен быть от 7 до 10°. Для обработки хромистой нержавеющей стали следует применять сверла из быстрорежущей стали. Число оборотов при этом при $\varnothing$ 1 *мм* $n \approx 2000$ об./мин. ($s \approx 0{,}02$ *мм*), $\varnothing$ 3 *мм* $n \approx 800$ об./мин. ($s \approx 0{,}30$ *мм*), $\varnothing$ 20 *мм* $n \approx 180$ об./мин. ($s \approx 0{,}5$ *мм*). При сверлении и нарезания резьбы рекомендуется смазывать инструмент коровьим салом.

Селен, как показали американские исследования, чрезвычайно улучшает обрабатываемость стали. Добавление селена в ничтожных количествах (0,20% Se) делает стружку нержавеющей стали хрупкой, легко отделяемой от лезвий режущих инструментов, и в то же время, повидимому, не отражается на прочих свойствах стали. Поэтому нержавеющая сталь с селеном начинает в Америке находить применение для болтового материала, предназначаемого для обработки на болторезных автоматах (напр. состава C = 0,09%, Cr = 18,2%, Ni = 9%, Se = 0,2% с твердостью по Бринеллю H_B = 255). Такая сталь обрабатывается резцами со скоростью резания в 30 *м*/мин. при подаче в 0,08 *мм* и нарезается на ней резьба с v = 7 *м*/мин.

Сильхромовая сталь принадлежит также к разряду нержавеющих сортов стали. Характерной особенностью ее химического состава является на ряду с присадкой хрома еще специальная присадка кремния. Сильхромовая сталь получает все большее и большее распространение и применяется там, где требуется устойчивость против коррозии при высоких температурах, например для клапанов двигателей внутреннего сгорания (в СССР клапаны для тракторных двигателей большей частью делаются из сильхромовой стали) [1] и пр. Сильхромовая сталь изготовляется в СССР (Кр. Путиловец, Электросталь). Сильхромовая сталь Электростали (марки Эверж-5) имеет состав: C = 0,40 — 0,50%, Cr = 8,0—11,0%, Si = 2,0 — 3,5%, Mn = 0,50%, S = 0,02%, P = 0,03%. Этот сорт стали куется при 1150—950°, отжигается при 860°. В отожженном состоянии σ_b = 80 *кг/мм²*, σ_t = 60 *кгм/мм²*, ψ = 30%, δ = 10%, ударное сопротивление (образец Менаже) ρ = 2 *кг/см²*. После закалки при 1100° в масле и отпуске при 800° на воздухе эта сильхромовая сталь имеет σ_b = 85 *кг/мм²*, σ_t = 65 *кг/мм²*, относительное сжатие ψ = 40%, относительное удлинение δ = 16%, ρ = 7 *кгм/см²*.

Силикохромоникелевая сталь, отличающаяся от сильхромовой повышенным содержанием хрома и высоким содержанием никеля и вызванной этим содержанием повышенной вязкостью, изготовляемая тем же заводом (марка Эверж-7), также является нержавеющей и имеет состав: C = 0,32 — 0,40%, Si = 2,[illegible] — 2,7%, Cr = 17 — 19%, Ni = 24 — 26%. Куется она при 1150—925°, отжиг для нее не нужен. Закаленная при 1000° на воздухе она имеет высокую вязкость и следующие механические свойства (в скобках указаны механические свойства только для прокованной незакаленной стали): σ_b = 70(65) *кг/мм²*, σ_t = 40(30) *кг/мм²*, относительное сжатие ψ = 50(40)%, относительное удлинение δ = 35(25)%, ударное сопротивление ρ = 1[illegible],5 (10) *кгм/см²*.

Хромованадиевая сталь обычно содержит при 1% хрома от 0,16 до 0,25% ванадия, 0,[illegible]5 - 0,05% марганца и от 0,20 до 0,95% углерода. Присадка ванадия даже в очень небольшом количестве сообщает стали много ценных свойств, сказываясь на увеличении временного сопроти-

[1] ЦАГИ в 1931 г. предложил для клапанов новый сорт жаропорной стали с содержанием, кроме железа и углерода, хрома, вольфрама и никеля, — сплав К, отличающийся от сильхромовой с или лучшими механическими свойствами при высоких температурах.

чение содержания марганца делает сталь более вязкой и очень твердой. Эти качества достигают *своего максимума при* содержании марганца в 12—15%. Поэтому 12—14% марганцовая сталь (известная под названием „стали Гадфильда") и применяется почти исключительно в промышленности, остальные же сорта марганцовой стали применяются значительно реже. Такая сталь почти не поддается обработке снятием стружки. Ее вязкость, в противоположность углеродистой стали, вызывается быстрым охлаждением.

Изготовляемая N-ским заводом сталь Гадфильда (марки ФМ) имеет состав: $C = 1{,}00 - 1{,}15\%$, $Mn = 11{,}5 - 13{,}0\%$, $Si = 0{,}15 - 0{,}35\%$, $S \leq 0{,}05\%$, $P \leq 0{,}07\%$. Эта сталь применяется в том виде, в каком она выпущена заводом. Если отливка подвергается каким-либо дополнительным операциям, напр. огневой резке или выжиганию дыр, то по окончании операции она должна подвергнуться тепловой обработке — равномерному нагреву до 1100—1150° и охлаждению в воде; без этой обработки сталь хрупка и к работе непригодна. *После тепловой* обработки эта сталь не поддается воздействию режущих инструментов (за исключением инструмента с наконечниками из особо твердых сплавов) и вместе с тем сохраняет вязкость и способность в холодном состоянии подвергаться деформациям без трещин. Ее твердость по Бринеллю $H_B = 180$. Она применяется в виде фасонных отливок и поковок простейшей формы, обработанных нагреванием на аустенитную структуру.

Сталь Гадфильда представляет значительное сопротивление ударам и изнашиванию и применяется для изделий, подверженных внезапно возникающей нагрузке, а также подвергающихся *сильному истиранию*, напр. для железнодорожных и трамвайных стрелок, для козырьков землечерпательных машин, для вальцев для размола твердых пород и пр.

Механические свойства закаленной стали Гадфильда[1]) при 12,6% Mn и 1,1% C $\sigma_b = 84$ *кг/мм²*, $\delta = 27{,}3\%$; при 14,48% Mn и 1,1% C $\sigma_b = 99{,}4$ *кг/мм²* и $\delta = 37{,}4\%$; при 14,01% Mn и 0,85% C $\sigma_b = 105$ *кг/мм²* и $\delta = 44{,}4\%$

Кремнистая сталь обычно содержит кремния от 0,5—2,0% и углерода 0,5% и применяется главным образом для пружин и рессор. Сталь с *большим содержанием кремния* (2—4,5%) и малым содержанием углерода имеет слабый гистерезис и идет на изготовление листов для динамо. Кремнемарганцовая сталь с 2% кремния, 0,7% марганца и 0,60% углерода хорошо сопротивляется истиранию и с успехом применяется для зубчатых колес. Заграницей начинает получать распространение сталь с содержанием до 0,15% C и около 1% Si — для железных конструкций, мостов и пр., так как обладает довольно высоким по сравнению с углеродистой сталью пределом упругости ($\sigma_b \approx 48 - 60$ *кг/мм²*, $\sigma_e \approx 30 - 45$ *кг/мм²*, $\delta = 32 - 20\%$, $H_B = 170 - 220$ *кг/мм²*, $\rho = 12 - 20$ *кгм/см²*). Кремнистая сталь плохо сваривается в особенности на горне.

Кремнистая сталь, изготовляемая для ответственных пружин и рессор, имеет состав: $C = 0{,}60 - 0{,}70\%$, $Mn = 0{,}70 - 0{,}90\%$, $Si = 1{,}40 - 1{,}60\%$, $P \leq 0{,}035\%$, $S \leq 0{,}03\%$, $Cr = 0{,}5 - 0{,}6\%$. В отожженном виде она имеет следующие механические свойства: $\sigma_b = 75 - 95$ *кг/мм²*, $\sigma_p = 45 - 60$ *кг/мм²*, относительное удлинение $\delta = 14\%$, относительное сжатие $\psi = 40\%$. В закаленном состоянии (закалка в масле) получаются следующие свойства: $\sigma_b = 170 - 200$ *кг/мм²*, $\sigma_p = 50 - 180$ *кг/мм²*, $\delta = 4\%$ $\psi = 16\%$. *Кремнистая сталь, изготовляемая N-ским заводом также* для пружин и рессор повышенного качества (марки КП) имеет состав: $C = 0{,}52 - 0{,}60\%$, $Mn = 0{,}6 - 0{,}8\%$, $Si = 1{,}5 - 1{,}7\%$, S и $P \leq 0{,}04\%$, Cr и Ni

[1]) По данным Гадфильда.

вления разрыву, повышении предела упругости, увеличении вязкости и предела усталости. При малом содержании углерода хромованадиевая сталь идет для цементации (оси, зубчатые колеса и пр.); при большем содержании углерода с успехом применяется для ответственных деталей машин и металлических конструкций, так как обладает значительной вязкостью при высоком временном сопротивлении разрыву. Благодаря этим качествам ванадиевая сталь особенно пригодна для таких частей машин, которые обычно страдают от усталости металла. При содержании углерода в 0,45—0,50% сталь идет на ответственные зубчатые колеса и пружины. Тепловая обработка хромованадиевой стали с содержанием 0,20% углерода, 0,65% марганца, 0,95% хрома и 0,18% ванадия после ковки или обработки на станках заключается в нагревании ее до 900—950°, охлаждении в воде, вторичном нагревании до 280—700° и медленном охлаждении. После такой обработки сталь получает временное сопротивление разрыву от 38 до 70 *кг/мм²*, в отожженном же состоянии ее временное сопротивление разрыву—от 28 до 35 *кг/мм²*. Сталь такого же состава, какой указан выше, только с бо́льшим содержанием углерода (0,50%), имеет в отожженном состоянии временное сопротивление разрыву 42—50 *кг/мм²*, а после специальной тепловой обработки—100—160 *кг/мм²*. Тепловая обработка такой стали после ковки заключается в нагревании приблизительно в течение получаса при температуре в 830—870° С и последующем медленном охлаждении. После этого сталь делается достаточно мягкой для обработки на станках. После снятия стружки сталь снова должна быть нагрета до 900—930°, охлаждена в воде или масле и отпущена при 180—280°. Лишь после такой обработки сталь получает высокие механические свойства.

Вольфрамовая поделочная сталь широко применяется в качестве стали для магнитов (3—6% W и при 0,6% С). Точно также она идет на щитовую сталь и на бронебойные снаряды. В последнем случае к ней прибавляется или никель, или хром, или же оба эти металла одновременно.

Вольфрамовая сталь для магнитов требует специальной тепловой обработки. При 5% W и 0,6% С нужна закалка с 830—950° в холодной воде. Для постоянных магнитов рекомендуют как наилучшую сталь с 0,57% С и 5,47% W с закалкой в воде с 930° (вода должна быть t = 10—15°). Вольфрамовую сталь с 0,6—1,2% W и 0,5—0,6% С применяют для рессор с закалкой с 850—900° и отпуском при 500°.

Марганцовая сталь применяется главным образом с высоким содержанием марганца: от 10 до 14% Mn при 0,8—1,4% С (так наз. сталь Гадфильда), однако существуют сорта марганцовой стали с малым содержанием марганца—до 2% Mn, при содержании до 0,7% С. Сталь с 1—2% Mn и 0,4—0,7 С применяется для пружин; соответственным отпуском закаленных пружин можно достичь $\sigma_b = 120 - 140$ *кг/мм²* при пределе текучести σ_s около 100—110 *кг/мм²*. Сталь с 1,4—1,8% Mn, 0,40—0,55% С и 0,20—0,30% Si после отжига при 700—720° имеет $\sigma_b \approx$ ≈ 70 *кг/мм²*, $\sigma_s = 42$ *кг/мм²* $\delta = 18 - 12\%$. После закалки с 820°, охлаждения в масле и отпуске при 600°, $\sigma_s = 58 - 66$ *кг/мм²*, $\sigma_b = 85 - 95$ *кг/мм²* при $\delta = 15 - 10\%$.

Недостатком марганцовой стали с малым содержанием марганца является легкость ее перегрева при тепловой обработке: перегрев вызывает хрупкость, которая долгое время мешала распространению этой стали. Увеличение содержания марганца до 4—5,5% увеличивает опасность возникновения этой хрупкости в стали. Дальнейшее же увели-

следы. Эта сталь куется при 1150—800°, навивается при 900°, отжигается при 770—780° с остыванием в печи, закаливается при 830—840° в воде, отпускается при 360—370°. Завод гарантирует твердость в отожженном состоянии $H_B \leq 196$ и механического свойства после закалки и отпуска; $\sigma_b \geq 135$ *кг/мм²*, $\sigma_y \geq 125$ *кг/мм²*, относительное удлинение $\delta \geq 8\%$, относительное сжатие $\geq 40\%$.

Пружинно-рессорная сталь применяется только после закалки в масле и отпуска при 400—500° на троостит.

Молибденовая сталь начала применяться в качестве конструкционной стали со времени мировой войны; она применяется (в настоящее время пока еще редко) главным образом для деталей, подверженных ударам, — для броневых плит, для коленчатых валов, шарикоподшипников, гаечных ключей и пр. Молибденовая сталь замечательна также своей стойкостью против „ползучести"[1]) при высоких температурах. Кроме того, молибденовая сталь иногда применяется для изготовления постоянных магнитов — с содержанием 3—4% Mo при 0,5—1,7% C. Распространению молибденовой стали мешает высокая стоимость молибдена.

Сталь для нитрирования представляет собою специальную сталь, применяющуюся для изделий, поверхности которых может быть придана очень высокая твердость, при помощи обработки азотом при посредстве газа аммиака.

Характерной составной частью такой стали является алюминий, обычно в количестве 1,0—2,5%; он сообщает поверхности очень высокую твердость после обработки аммиаком и благотворно влияет на ядро изделия. Углерод тоже содержится в стали, однако от него не зависит процесс нитрирования; углерод сказывается лишь на физических свойствах ядра изделия. В стали также часто содержится хром; он увеличивает твердость и прочность изделия. Иногда вводят также молибден около 0,2%.

Содержащиеся в стали элементы	Содержание элементов в %		
	Марки		
	A	B	C
Углерод	0,45	0,32	0,50
Марганец	0,60	0,60	0,60
Кремний	0,25	0,25	0,25
Алюминий	1,00	1,00	1,75
Хром	1,60	1,70	2,30
Никель	—	1,80	—
Сера	0,020	0,020	0,020
Фосфор	0,020	0,020	0,020

Слева в таблице приводятся три марки стали для нитрирования, взятые из американской и немецкой практики.

Сталь для нитрирования куется так же хорошо, как и обычные сорта стали с таким же содержанием углерода, и перед нитрированием хорошо шлифуется и полируется; после же нитрирования шлифование и полирование чрезвычайно затрудняется из-за очень высокой твердости поверхностного слоя. Последний царапает стекло и очень хорошо сопротивляется истиранию, атмосферным влияниям и действию морской воды.

Так как нитрирование не устраняет напряжений, возникших от прокатки стали, ковки или холодной обработки, то перед нитрированием полезно изделия отжечь в течение около 5 часов при температуре в 540° C.

[1]) Ползучесть обозначается также словом „крип" (от англ. „creep").

Нитрирование обычно производится в электрических печах нагреванием изделий приблизительно до 470° С от 2 до 90 часов, в течение которых через ящик с уложенными изделиями пропускается аммиачный газ.

Для различных сортов стали нитрирование ведется при разных температурах — от 470 до 600°, причем высокая температура не дает особо высокой твердости поверхностному слою, но увеличивает глубину твердого слоя. 550° в настоящее время можно считать наивысшей температурой, при которой получается наивысшая твердость. Подобно тому как это делается при цементации, ящик не должен иметь щелей; он представляет собою герметически закупоренную полость, имеющую лишь два отверстия — для впуска и для выпуска газа. Изделия свободно укладывают в ящике рядами на изготовленных из никелевой проволоки сетках, чтобы сделать их доступными для свободно циркулирующего в ящике газа. Основными условиями для успешности процесса являются: постоянство температуры изделий в продолжение процесса и равномерная скорость течения аммиачного газа. Последняя регулируется игольчатым клапаном, навинченным на наполненную аммиачным газом бомбу.

После нитрирования при 470° в течение 90 часов твердый наружный слой получается толщиной около 0,8 *мм*; ту же глубину нитрации можно получить в 50 часов при 600°.

Приблизительно половина поверхностного слоя имеет очень высокую твердость, постепенно уменьшающуюся по направлению к ядру изделия, вследствие чего этот слой без заметной линии раздела переходит в основную массу материала. Сталь, нитрированная при 470° С, на поверхности имеет твердость по Бринеллю до 1000, на глубине 0,25 *мм* — 810, на глубине 0,5 *мм* — 434 и на глубине 0,8 *мм* — 378 (при испытании твердость была измерена по Герберту и затем переведена на Бринелль).

Одной из особенностей процесса является увеличение размеров деталей после нитрирования как в длину, так и по диаметру. Обычно можно считать, что диаметральные размеры увеличиваются на 0,01—0,08 *мм* в зависимости от размеров, сорта стали и продолжительности нитрирования. Это увеличение можно, однако, учесть путем изготовления калиброванных деталей, так как при одинаковых условиях нитрирования увеличение размеров всегда постоянно. В отличие от закалки, детали при нитрировании не коробятся, что является преимуществом процесса.

В последние годы за границей нитрирование стало широко применяться при изготовлении мерительного инструмента, так как нитрированные детали все же поддаются полированию, несмотря на их очень высокую поверхностную твердость.

Детали же, от которых не требуется блеска, лучше не полировать, так как в этом случае (в том виде, как они вышли после нитрирования с матово-серым оттенком их поверхности, напоминающим никелированную после обдувки песком) они значительно устойчивее против окисления. На них не действует вода, пар, масла, щелочи и пр.; кислоты однако их разъедают.

Достоинством нитрированных деталей является также устойчивость их твердости при высоких температурах — до 650°, что не имеет места при углеродистой стали.

Размягчение нитрированного слоя, если это в силу каких либо соображений оказывается необходимым, может быть произведено различными способами. В Америке в настоящее время пользуются особенным распространением два из них. Первый состоит в том, что нитрированную деталь опускают в ванну из расплавленного азотнокислого калия или натрия; второй заключается в нагревании нитрированных деталей в

алюминиевом порошке или мелких стружках, при чем температура нагревания должна быть доведена до начала плавления порошка. Оба эти способа дают значительное снижение твердости витрированного слоя, позволяющее удалить последний снятием стружки резцами.

3. СТАЛЬНОЕ ЛИТЬЕ.

Применение и химический состав. Область применения стальных отливок чрезвычайно широка, так как очень часто бывает дешевле изготовить деталь из отливки, чем из более дорогой поковки или целого куска. В особенности часто применяют стальные отливки, когда допустимо отказаться от большей вязкости, свойственной кованной или прокатанной стали. Химический состав стали для отливок определяется в значительной степени требованиями к механическим свойствам деталей.

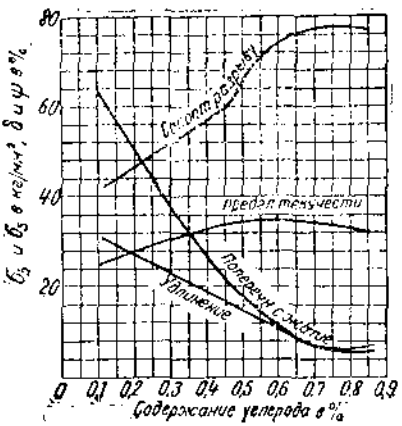


Рис. 80.

В углеродистой стали для отливок содержание углерода колеблется между 0,1 и 0,5%; в редких случаях применяют большее содержание углерода. Содержание марганца обычно между 0,4 — 1,0%, т. е. довольно высокое, так как марганец действует раскисляющим образом на сталь. Содержание кремния лежит обычно в пределах от 0,2 до 0,4%; несколько повышенное содержание кремния дается для успокоения [1]) расплавленной стали, заливаемой в формы, чтобы уменьшить образование пузырей и пустот в отливках (для той же цели применяют присаживание алюминия). Так как фосфор и сера вредно отражаются на механических свойствах и увеличивают склонность к образованию трещин в отливках в горячем состоянии — содержание серы и фосфора по возможности снижают.

Механические свойства стальных отливок определяются главным образом содержанием в отливках углерода. Временное сопротивление разрыву, предел текучести и твердость по Бринеллю отожженных стальных отливок приблизительно соответствуют сортовой *отожженной* поделочной стали аналогичного химического состава, величины же удлинения, поперечного сжатия и ударного сопротивления у стальных отливок меньше, чем у поделочной стали. На рис. 80 помещена диаграмма (по Оберхофферу), указывающая зависимость механических свойств от содержания углерода хорошо отожженной углеродистой стали с содержанием марганца 0,89%, кремния 0,28%, фосфора 0,028, серы 0,034%. Для этого же состава ниже приведена диаграмма (рис. 81) зависимости между содержанием углерода с одной стороны и твердостью по Бринеллю и ударным сопротивлением с другой. На стр. 274 помещена составленная по американским источникам таблица химического состава и механических свойств литья из специальной стали.

ОСТ разделяет по механическим свойствам стальное фасонное литье (для транспорта) на неответственное (ОСТ 792) и ответственное (ОСТ 791)]

[1]) Для связывания выделяющих газов.

как то, так и другое разделяются на мягкое и твердое. Неответственное мягкое литье характеризуется испытанием на загиб на 90° вырезанных из отливок образцов или самих отливок; неответственное твердое литье характеризуется испытанием твердости по Бринеллю, причем H_B должно быть не менее 150. Ответственное литье характеризуется приведенной здесь табличкой. [1])

Ответственное стальное фасонное литье (по ОСТ 791).

Марка	Сопротивление разрыву σ_b не менее кг/мм²	Относительное удлинение (для $d = 20$ мм и $l = 50$ мм) не менее %	Характеристика
Стл 1	36	24	Мягкое литье
Стл 2	50	15	Твердое литье

Обрабатываемость стальных отливок в зависимости от их свойств характеризуется помещенными на рис. 82 кривыми, [2]) где по оси абсцисс отложены скорости резания, а по оси ординат — время работы резца до затупления режущей кромки (жизнь резца). Буквами обозначены кривые, относящиеся к условиям работы, указанным в помещенной слева табличке.

Кривые	Глубина резания мм	Подача мм	Сечение стружки мм²	Сечение резца мм
a	2	4,48	8,95	25×25
b	4	2,24		
c	2	2,44	4,48	20×20
d	4	1,12		
e	2	0,12	2,24	
f	4	0,56		

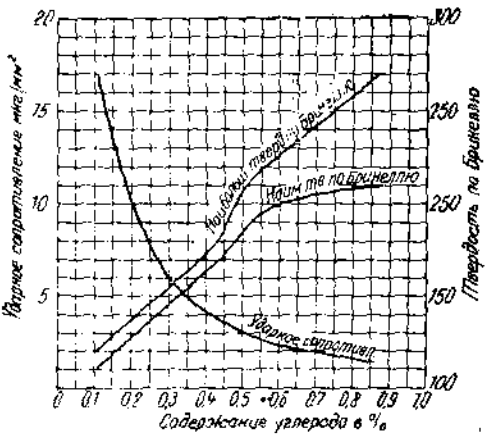


Рис. 81.

Способ плавки (электрический, тигельный, мартеновский), содержание марганца, способ тепловой обработки не влияют на обрабатываемость.

[1]) ОСТ 791 и 792 в отношении размеров отливок дают следующие указания: размеры отливок должны соответствовать при этом чертежу с тем, чтобы отступления от таковых в местах, подлежащих обработке, давали возможность получения изделия в чистом виде без черновки, а в местах, не подлежащих обработке, не уменьшали размеров изделия в поперечном сечении и больше чем на 5%. В отношении увеличения размеров допускают и отступления от чертежа без ограничения, при условии возможности резки без дополнительной обработки и при условии увеличения веса единаемого изделия более чем на 5%.

[2]) По исследованиям в 1929 г. Wallichs'a и Kreboler'a. На рис. 82 кривые с обозначением разрыву обозначено как σ_b и кривым гиперболы K_v.

Химический состав и механические свойства главнейших сортов литья из специальной стали (по американским источникам).

Сорта стали	Химический состав в %							Тепловая обработка				Механические свойства			
								1 обработка		2 обработка					
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Нагрев	Охлажд.	Нагрев	Охлажд.	предел текучести σ_s кг/мм²	сопротивл. разрыву σ_b кг/мм²	удлинение $l = 4d$ δ%	Поперечное сжатие ψ%
Сталь богатая марганцем	0,28	—	1,40	—	—	—	—	Закалено и отпущ.				37,3	58,3	29,5	57,0
	0,28	—	1,50	—	—	—	—	„	„			45,8	66,1	28,8	52,3
	0,37	—	1,35	—	—	—	—	4 ч. 900°	Вода	6 ч. 650°	Воздух	41,8	67,1	28,0	47,1
	0,36	0,24	2,42	—	—	—	—	4 „ 900°	Воздух	6 „ 680°	„	37,6	74,9	13,9	18,9
	0,36	0,24	2,42	—	—	—	—	3 „ 900°	„	6 „ 680°	Медленно	48,8	68,8	14,5	24,0
Никелевая сталь	0,22	0,25	0,73	0,021	0,017	3,15	—	6 ч. 820°	Вода	8 ч. 680°	Печь	53,2	68,8	24	39
	0,36	0,21	0,75	0,019	0,011	3,08	—	6 „ 820°	„	6 „ 680°	„	49,8	68,3	24	47,3
	0,26	0,18	0,90	0,04	0,02	1,76	—	4 „ 800°	Воздух			32,4	67,6	15	14
								4 „ 800°	Печь			36,6	64,8	28,4	39,8
Хромо-никелевая сталь	0,35	0,36	0,52	0,011	0,022	1,95	0,66	Отожжено 820°	Воздух			52,7	73,7	21,0	48,3
									Вода	620°	Медленно	57,2	74,5	23,3	52,0
	0,45	0,44	0,87	0,016	0,038	1,87	0,83	Отожжено 820°	Воздух	650°		48,2	77,0	19,0	27,8
									Вода	650°		84,4	97,8	13,5	23,7
	0,60	0,33	0,67	0,041	0,010	2,81	0,92	4 ч. 850°	Воздух	6 ч. 680°	Медленно	63,3	81,6	15,0	—
Нержавеющая сталь	0,25	0,38	0,45	0,032	0,015	—	13,3	7 ч. 760—780°	Медленно			49,2	68,8	18,8	38,0
								7 „ 760—780°	„			63,2	81,0	20,3	44,0
	0,42	0,32	0,44	0,017	0,021	—	13,6	1040°	Масло	760		79,1	99,5	12,5	33,5

содержание углерода влияет на обрабатываемость: чем углерода больше, тем обрабатываемость хуже. Наружная корка отливок обрабатывается

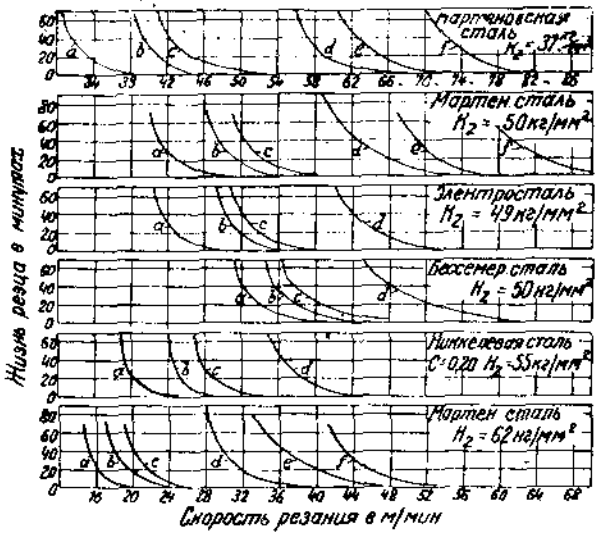


Рис. 82.

в несколько раз хуже, чем сердцевина; поэтому литье следует вести при возможно низкой температуре.

Конструирование стальных деталей, изготовляемых отливкой. При конструировании деталей, изготовляемых из стального литья, нужно избегать неравномерной толщины стенок и неравномерного скопления материала, так как это ведет к образованию раковин и трещин, потому что литая сталь имеет очень большую усадку ($\approx 2\%$) и поэтому очень большую склонность к образованию раковин. Если нельзя обойтись без утолщенных мест в деталях, то у этих мест наибольшего скопления материала нужно предусмотреть возможность расположения прибылей, чтобы последние питали жидкой сталью утолщенные места отливки в момент образования в них усадочных пустот, потому что усадочные раковины образуются в той части отливки, которая затвердевает последней, т. е. в самом толстом месте отливки (рис. 83 и 84). При конструировании следует предусмотреть возможность отрезания прибылей.

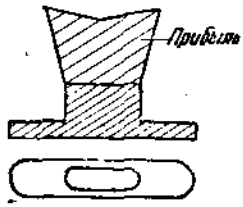


Рис. 83.

Рис. 84.

При конструировании следует также предусмотреть устранение трещин, возникающих при остывании отливок вследствие внутренних напряжений, которые появляются из-за неравномерности остывания отливки и из-за препятствий, испытываемых отливкой при ее усадке. Поэтому с появлением трещин следует бороться при

конструировании также путем правильного соотношения размеров отдельных частей. Так, не следует делать чрезмерно тонкими отдельные части детали, с язывающие толстые ее части (например нельзя делать слишком тонкими спицы колес, примыкающие к толстому ободу и к массивной ступице). Очень облегчает борьбу с трещинами устройство скрепляющих ребер, отводящих тепло и затвердевающих быстрее других частей отливки.

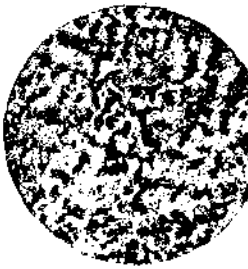


Рис. 85.

Отжиг стальных отливок следует производить для улучшения их механических свойств, так как стальные отливки затвердевают с образованием крупных кристаллов, очень неблагоприятно отзывающихся на механических свойствах деталей. Стальные отливки для придания им мелкозернистой структуры должны быть нагреты приблизительно на 30° выше точки A_3 на линии GOS (см. стр. 311) и выдержаны при этой температуре до тех пор, пока не нагреются все части детали.

Если температура нагрева выше или ниже указанной *или же если нагревание очень продолжительно*, то отжиг мало улучшает свойства стали. При нагревании до температур ниже линии PS (стр. 311) величина *кристаллов совсем не меняется*. Быстрое охлаждение до 700—650°, т. е. несколько ниже линии PS, дает более мелкозернистую структуру отжига, дальнейшее же *охлаждение* всегда ведут медленно, чтобы не создать в отливе внутренних напряжений. Иногда поступают следующим образом: с температуры отжига охлаждают детали на воздухе, а потом снова их нагревают до 650° и потом в печи медленно их охлаждают. Ниже приведена табличка температуры отжига и механических свойств стальных отливок, отожженых и неотожженных при различном содержании в них углерода. На рис. 85 и 86 изображены шлифы стальной отливки, отожженной и *без отжига*. С заводов, поставляющих стальное литье, отливки отправляются обычно в отожженном состоянии.

Рис. 86.

Химический состав, в %			Температура отжига	Предел текучести σ_s кг/мм²		Сопротивлен. разрыву σ_b кг/м²		Удлинение δ %		Твердость по Бринеллю H_B	
C	Mn	Si		Неотожженн.	Отожженн.	Неотожженн.	Отожженн.	Неотожженн.	Отожженн.	Неотожженн.	Отожженн.
0,11	0,60	0,40	920°	18,12	26,27	41,31	42,08	25,90	29,90	124	116
0,23	0,98	0,38	850°	21,50	28,20	44,85	47,80	14,85	29,05	136	130
0,26	0,80	0,25	850°	23,[illegible]7	28,[illegible]7	43,40	48,03	13,10	24,37	143	143
0,40	1,11	0,21	830°	30,00	29,40	57,20	56,00	10,73	19,34	186	169
0,53	0,79	0,25	820°	24,47	35,10	61,83	69,80	6,47	15,93	213	208
0,69	0,0[illegible]	0,25	790°	37,07	33,90	62,53	77,23	3,77	9,63	245	223
0,86	0,90	0,27	710°	30,40	33,27	50,10	75,60	1,40	8,63	255	2[illegible]5

4. ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ СТАЛЬ.

1. Общие сведения.

Пригодность стали для данного инструмента определяется не только ее химическим составом, но также и физическим строением, обусловленным ее предварительной обработкой.

О химическом составе и физическом строении стали можно уже судить по виду ее излома, вполне же надежные указания дает лишь химический и металлографический анализ (при помощи исследования шлифа микроскопом).

1. Требования к строению стали:

Отсутствие пузырьков, шлаковых включений, трещин и ликвации (неравномерного химического состава по сечению куска материала). Сталь должна всюду представлять совершенно однообразное строение (по крайней мере после отжига); особенно не должно быть мест, где был бы заметен пережог.

При исследовании под микроскопом светло-тянутого материала надо установить, не имеется ли обезуглероженного наружного слоя; это обезуглероживание значительно понижает качество материала. С возникающим же часто во время тепловой обработки окислением поверхности бороться гораздо легче, так как окисленный окрашенный слой легко удалить механической обработкой.

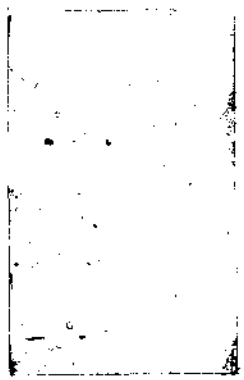


Рис. 87.

2. Требования к химическому составу:

Чистота, т. е. отсутствие вредных примесей. Чем сталь богаче углеродом, тем с большей осторожностью нужно ее изготовлять и термически обрабатывать.

Рис. 88.

Медь и мышьяк могут быть допущены только в виде следов. Количество серы не должно превосходить 0,05%, фосфора — 0,04%. В хороших же сортах инструментальной стали содержание фосфора и серы не должно превосходить 0,02%.

Получение инструментальной стали. Для инструментов очень высокого качества употребляется сталь, полученная путем электроплавки, или же тигельная сталь. Электросталь не уступает по качеству тигельной стали. Эти сорта стали должны подвергаться сильной обработке прокаткой или под молотом. Многие инструменты, к которым не предъявляется особенно высоких требований относительно их режущей способности, могут приготовляться и из мартеновской стали (в том числе и малоуглеродистые, цементуемые перед закалкой). Благодаря своей дешевизне мартеновская сталь, к сожалению, часто применяется и там, где не следует. В зависимости от назначения инструментальная сталь разделяется на углеродистую, специальную, и быстрорежущую.

Сравнение свойств тигельной и мартеновской инструментальной стали. На рис. 87 представлена при увеличении в 90× полированная по-

верхность тигельной инструментальной стали, на рис. 88 — мартеновской инструментальной стали. Из сравнения снимков видно, что мартеновская сталь больше тигельной имеет посторонних включений, вызывающих трещины в стали при многократной закалке, а при инструменте сложной формы — и *при первичной закалке*. Поэтому уже по виду полированной поверхности стали под микроскопом — по количеству включений (точек) в стали — можно судить, сколько раз *можно повторять закалку* стали, пока она не даст трещин.

Следует заметить, что не только в мартеновской, но иногда и в *тигельной инструментальной* стали можно обнаружить микроскопом (при рассматривании полированного нетравленого образца) многочисленные включения, в данном случае *являющиеся зернами выделившегося графита*. Такая тигельная сталь с многочисленными графитными точками непригодна для изготовления ответственных инструментов.

Излом стали. Излом закаленной стали должен быть наиболее мелкозернистым, который можно получить при данном сорте стали, матовым и слегка волнистым. *Излом пережженной стали имеет* крупную сыпь блестящего цвета. Излом хорошо отожженной инструментальной стали имеет более крупное зерно, чем у закаленной стали, однако все же мелкое, *с более* светлым оттенком, чем у закаленной стали, но не такого блестящего цвета, как у пережженной. Излом неотожженной и незакаленной стали имеет *серую матовую сыпь, причем* у малоуглеродистой стали зерно крупное; с увеличением содержания углерода зорно делается мельче.

2. Углеродистая инструментальная сталь.

Самой главной *составной частью такой стали кроме* железа является углерод, определяющий свойства стали, ее твердость, способность закаливаться, прочность, удлинение и пр.

Содержание углерода в инструментальной стали колеблется между 0,6 и 2,2%. Увеличение содержания углерода (по крайней мере до 1%) влечет за собою *увеличение твердости и прочности* и уменьшение вязкости.

Приведенная ниже таблица дает представление о применении стали с различным содержанием С. Первая группа с содержанием марганца 0,4—0,8% применяется главным образом в мягких сортах, вторая группа с 0,15—0,40% Mn — в более твердых, так как изготовляется более тщательно.

Хорошая инструментальная сталь, применяющаяся для металлообрабатывающих режущих инструментов, содержит *1,00—1,2% углерода*, не более 0,30% марганца, не более 0,02% фосфора, не более 0,02% серы и 0,30% кремния.

Таблица сортов углеродистой инструментальной стали, изготовляющейся в СССР, приведена на стр. 280—281. Данные таблицы относятся главным образом к 1931 и 1932 гг. Кроме приведенных *в таблице марок, являющихся* лишь характерными для других аналогичных сортов, существуют еще более твердые сорта углеродистой стали. Например, „Электросталь" *изготовляет еще инструментальную* углеродистую сталь (марка ЭУ 14) с содержанием С = 1,39—1,49%—для инструментов, требующих исключительно высокой твердости и неподвергающихся *ударам—для бритв*, шаберов, некоторых резцов для обработки твердых металлов, мельничных насечек, зубил для насекания напильников, напильников для насекания *жерновов, инструмента для* обработки твердого камня, волочильного инструмента и пр. Для волочильных досок, предназначаемых для волочения только железа и самых мягких *сортов стали, тот же завод* изго-

Применение углеродистой стали.

Содержание углерода %	Применение
	Сталь с 0,4—0,8 Mn
0,35—0,45	Серпы, ножницы, вилки, отвалы плугов.
0,45—0,55	Молотки, косы, ножи, ножницы, отвалы плугов.
0,55—0,75	Молотки, бабы, мелкие сверла, инструменты для обработки дерева, маркировочные пуансоны.
0,75—1,10	Машинки для стрижки волос, бритвы, валки для прокатки.
	Сталь с 0,15—0,40 Mn
0,05—0,75	Молотки, штампы, хирургические инструменты, ножницы.
0,75—0,95	Ножницы, молотки, обжимки для заклепок, матрицы для вытягивания, загибания и пр., вытрубные штампы.
0,95—1,05	Сверла для минералов, ножницы для прессов и штампы.
1,05—1,20	Всевозможные штампы, метчики, прогонки, сверла для металла и дерева, фрезы, калибры, резцы.
1,20—1,50	Бритвы, фрезы, калибры, резцы.
1,50—3,00	Матрицы для волочения фасонных прутков.

ляет особо твердую инструментальную углеродистую сталь (марка 20), с содержанием C = 1,80—2,20%. Последняя сталь поставляется авчикам уже в термически обработанном виде. Вследствие очень высокого содержания углерода эта сталь не закаливается перед употребле-ем; твердость волочильных отверстий достигается исключительно их клепом. Тепловая обработка, которой может быть подвергнута сталь, ет назначением лишь создать точечный цементит и состоит в нагреве 980° с охлаждением на воздухе, вторичном нагреве до 770° с медленным охлаждением (отжиг); после такой обработки твердость стали ≈ 205 *кг/мм²*.

3. Специальные сорта инструментальной стали.

Название „специальная инструментальная сталь" относится к таким ам стали, которые, кроме углерода и небольших количеств марганца, мния и т. п., содержат еще некоторые другие примеси, служащие для чшения их свойств. К таким примесям, вводимым то в малых, то гда в довольно значительных количествах, прежде всего относятся: м, вольфрам, кобальт, ванадий, марганец, молибден. Все эти мате-лы оказывают влияние на критические температуры стали, вызывая льшинстве случаев их понижение, и замедляют скорость преобразо-ия отдельных структур. Если содержание этих примесей незначи-

Сорта углеродистой *инструментальной стали, изготовляемой* крупнейшими заводами СССР.
Химический состав в %.

Группа	Завод Красный Путиловец	N-ский завод	Завод Электросталь	Завод ИОЗ		Применение:
I	*Добрыня 6* C =0,5—0,7 Mn до 0,5 Si „ 0,4 P „ 0,04 S „ 0,03	№ 6 C =0,58—0,65 Mn =0,2 —0,3 Si =0,15—0,30 P до 0,025 S „ 0,025	ЭУ$_6$ Мягкая C =0,55—0,69 Si ≤0,35 Mn ≤0,35 P ≤0,035 S ≤0,015	Тигельная № 60 C =0,60—0,74 Mn =0,2 —0,3 Si =0,15—0,30 P до 0,035 S „ 0,03	Мартеновская № 60 C =0,60—0,74 Mn =0,5 —0,7 Si =0,2 —0,3 P до 0,05 S „ 0,04	Сталь для инструментов, подвергающихся ударам и требующих большой вязкости при незначительной твердости: для кузнечных зубил, бородков и топоров, кувал, гладилок, оправок, больших кузнечных штампов, бойков, для закаливаемых машинных частей (шпинделей, цапф, подпятников) и пр.
II			ЭУ$_7$ устойчивая C =0,70—0,79 Si ≤0,35 Mn ≤0,35 P ≤0,030 S ≤0,015			Сталь для инструментов, подвергающихся ударам и требующих вязкости при наличии умеренной твердости: для пневматических инструментов, зубил для холодного металла, бородков, обжимок, молотков, клепальн. инструмента, штампов для нагретого металла, заклепочн. штампов, для буровых инструм. по мягким породам и пр.
III	Добрыня 8 C =0,7—0,9	№ 8 C =0,77—0,84 Mn =0,2 —0,3 Si =0,15—0,30 P до 0,025	ЭУ$_8$ (*стойчиво-твердая*) C =0,80—0,89 Si ≤0,35 Mn ≤0,35 P ≤0,030	Тигельная № 75 C =0,75—0,89 Mn =0,2 —0,3 Si =0,15—0,30 P до 0,035	Мартеновская № 75 C =0,75—0,89 Mn =0,7 —0,7 Si =0,2 —0,3 P до 0,05	Сталь для инструментов, подвергающихся ударам и требующих вязкости при наличии достаточной твердости: для резаков, для ножниц, зубил, вырубных пуансонов, матриц, ударных инструментов при изготов-

			твердая C =0,90—0,99 Si ≤0,35 Mn ≤0,35 P ≤0,030 S ≤0,025	C =0,90—1,04 Mn =0,2 — 0,3 Si =0,15—0,30 P до 0,035 S „ 0,03	C =0,90—1,04 Mn =0,5 —0,7 Si =0,2 —0,3 P до 0,05 S „ 0,04	чин некоторых пуансонов, матриц кернеров, полировальных молотков, деревообделочных инструментов и пр.
V	Добрыня 10 C =0,9—1,1 Mn до 0,5 Si „ 0,4 P „ 0,04 S „ 0,03	№ 10 C =1,00—1,10 Mn =0,2 —0,3 Si =0,15 - 0,30 P до 0,025 S „ 0,025	ЭУ$_{10}$ твердая C =1,00—1,09 Si ≤0,35 Mn ≤0,35 P ≤0,030 S ≤0,015	Тигельная № 105 C =1,05—1,19 Mn =0,2 —0,3 Si =0,15—0,30 P до 0,035 S „ 0,03	Мартеновская № 105 C =1,05—1,19 Mn =0,5 —0,7 Si =0,2 —0,3 P до 0,05 S „ 0,04	Сталь для инструментов, требующих достаточной твердости, не подвергающихся ударам: для токарных, строгальных и долбежных резцов, фрез, сверл, разверток, плашек, метчиков, калибров, вертенпрядильных машин, ножей табачных и бумажных фабрик.
VI	Добрыня 12 C =1,1—1,3 Mn до 0,5 Si „ 0,4 P „ 0,04 S „ 0,03	№ 12 C =1,18 - 1,28 Mn =0,2 —0,3 Si =0,15—0,30 P до 0,025 S „ 0,025	ЭУ$_{11}$ высоко-твердая C =1,10—1,19 Si ≤0,35 Mn ≤0,35 P ≤0,030 S ≤0,015	Тигельная № 120 C =1,20—1,35 Mn =0,2 —0, Si =0,15—0,30 P до 0,035 S „ 0,03	Мартеновская № 120 C =1,20 -1,35 Mn 0,5 —0,7 Si =0,2 —0,3 P до 0,05 S „ 0,04	Сталь для инструментов, требующих высокой твердости, не подвергающихся ударам: для токарных и строгальных резцов фрез, сверл, шаберов, бритв, хирургических инструментов и пр.
VII			ЭУ$_{12}$ очень твердая C =1,20 - 1,35 Si ≤0,35 Mn ≤0,35 P ≤0,030 S ≤0,015			Сталь для инструментов, требующих большой твердости, не подвергающихся ударам: для токарных и строгальных резцов, фрез, сверл, разверток, плашек, метчиков, граверных инструментов, бритв, шаберов, калибров, хирургических инструментов.

тельно, то оно не отзывается сколько-нибудь заметным образом на смещении критических точек стали и на ее структуре. Поэтому имеются такие сорта стали, которые *подобно обыкновенной* углеродистой стали в незакаленном состоянии содержат перлит, а в закаленном — мартенсит; они называются перлитовыми.

Большие количества посторонних примесей сильно смещают критические температуры и понижают их даже до температур окружающего воздуха, при которых сталь *находится в состоянии твердого раствора* или только начинающегося его распадения, так что при этих температурах без всякой тепловой обработки сталь имеет мартенситовую структуру. *Такие стали носят название* мартенситовых.

Даже и в том случае, если распадение твердого раствора происходит в несколько выше обычной температуре, *охлаждение в воздухе нагретой* предварительно стали иногда бывает достаточно, чтобы это распадение совершенно прекратить или значительно замедлить. Такие стали называются *самозакаливающимися*.

Посторонние примеси, содержащиеся в значительных количествах, обнаруживаются под микроскопом в виде особых структурных элементов.

Влияние главнейших примесей на свойства специальной стали.

Хром понижает критическую скорость охлаждения; чем последняя меньше, тем осторожнее *нужно закаливать сталь*. Поэтому охлаждение в воде хромистой стали допустимо лишь при не слишком большом содержании C; границей в этом отношении является содержание 1% C и 1% Cr *или 0,5% C и 12% Cr*. Вслед тому понижения критической скорости охлаждения хром очень сильно увеличивает толщину закаленного слоя — при содержании хрома до 1,2%, причем эта *большая глубина закалки не делает* поверхностный слой более хрупким. Хром повышает температуру закалки стали. Подобно вольфраму и другим примесям к стали, хром ухудшает ее *теплопроводность*, что заставляет специальные сорта стали осторожнее (медленнее) нагревать перед закалкой. Если содержание марганца в стали меньше 0,4%, хром способствует образованию *мелкозернистого строения* и делает сталь менее чувствительной к перегреву при закалке и отжиге; если же содержание марганца превышает 0,4%, то хромистая сталь *чувствительна к перегреву, который в этом случае вызывает* крупнозернистое строение. При нагревании перед закалкой следует удлинять время выдержки при высокой температуре не только потому, *что хромистая сталь* хуже углеродистой проводит тепло, но также потому, что цементит медленнее растворяется в хромистых сортах стали, чем в углеродистой стали. Сталь, содержащая *хром, меньше углеродистой* стали изменяет свои размеры при закалке. Хром увеличивает твердость стали. Вязкость хромистой стали начинает снижаться при большом содержании углерода; *это явление становится* уже заметным при содержании углерода в стали более 0,8—0,9%. Хром уменьшает износ стали от трения. Хромистые стали не дают особенно хорошей режущей кромки *у инструментов*.

Вольфрам *меньше хрома влияет* на критическую скорость охлаждения при закалке, вследствие чего вольфрамовую сталь можно закаливать в воде; это заставляет закаливать более осторожно, *но зато дает инструменту* большую твердость и стойкость лезвия. Карбиды вольфрама кроме того повидимому более тверды, чем карбиды хрома. Вольфрамовая специальная сталь особенно пригодна *для получения хорошей режущей* кромки у инструментов. Вольфрам способствует образованию мелкозернистого строения стали и делает последнюю менее чувствительной к перегреву *при закалке и отжиге*.

Главнейшие сорта инструментальной специальной стали, изготовляемые заводом Электросталь, и их тепловая обработка.

Позиция	Назначение стали	Марка	Химический состав в %	Температура тепловой обработки
1	Для инструментов, требующих твердости и высокой вязкости, подвергающихся сильным ударам: для пневматических инструментов, клейм, матриц, ножей для ножниц, прорубных зубил, оправок и пр.	ЭХ1	C = 0,40—0,50 Cr = 1,00—1,50 Si ≦ 0,40 Mn ≦ 0,35 V = 0,05—0,15 P ≦ 0,035 S ≦ 0,020	Ковка: 1100—775° Отжиг: 740° Закалка: 850—900° в воде. Отпуск: 220—300°
2	Для инструментов и изделий, требующих большой твердости и устойчивости: для токарных, строгальных и долбежных резцов, ножей, зубил для насекания напильников, для пуансонов, сложных матриц, калибров, шариков и колец шарикоподшипников, храповиков, собачек, сухариков и пр.	ЭХ2	C = 0,95—1,10 Cr = 1,20—1,60 Si ≦ 0,40 Mn ≦ 0,35 V = 0,04—0,15 P ≦ 0,035 S ≦ 0,020 Ni ≦ 0,20	Ковка: 1100—775° Отжиг: 780° Закалка: 780—820° в воде; 780—850° в масле. Отпуск: 150—300°
3	Для инструментов, требующих очень высокой твердости, но не подвергающихся очень сильным ударам: для токарных и строгальных резцов по очень твердым материалам при небольшой скорости резания, шаберов, валиков для холодной прокатки, ножей, круглых ножниц при разрезке твердых материалов, калибров и пр.	ЭХ3	C = 1,20—1,50 Cr = 1,75—2,25 V = 1,05—0,15 Si ≦ 0,40 Mn ≦ 0,35 P ≦ 0,035 S ≦ 0,020 Ni ≦ 0,20	Ковка: 1075—825° Отжиг: 860° Закалка: 790—810° в воде или в масле. Отпуск: 220—300°
4	Для инструментов, требующих большой твердости, но не подвергающихся ударам: для волочильных досок и колец, валиков при холодной прокатке, ножниц при горячей резке и пр.	ЭХ4	C = 1,80—220 Cr = 3,5 —4,0 Si ≦ 0,50 Mn ≦ 0,35 P ≦ 0,035 S ≦ 0,020	Ковка: 1075—900° Отжиг: 860° Закалка: 850—900° в масле. Отпуск в зависимости от желательной твердости: 250—600°

Позиция	Назначение стали	Марка	Химический состав в %	Температура тепловой обработки
5	Для волочильных досок и колец, штампов при тяжелой *горячей работе. Для составных* сложных штампов при холодной работе дает исключительно высокую производительность и мало изменяет размеры при закалке.	ЭХ12	C = 1,80–2,20 Cr = 12,0 –14,5 Si ≤ 0,50 Mn ≤ 0,35 P ≤ 0,035 S ≤ 0,020	Ковка: 1150–925° Отжиг: 860° Закалка: 975–1000° в масле. Отпуск в зависимости от желательной твердости: 250–600°
6	Для пневматических инструментов, зубил, заклепочных инструментов, клейм высокой устойчивости и пр.	ЭН	C = 0,35–0,50 Cr = 0,75–1,2 W = 2,00–2,50 Si ≤ 0,35 Mn ≤ 0,35	Ковка: 1150–825° Отжиг: 770° Закалка: 850–875° в воде или масле. Отпуск: 220–300°
7	Для дыропробивных пуансонов, ножей, машинных ножниц, штампов при горячей работе и пр.	ЭНП	C = 0,70–0,85 Cr = 1,25–1,75 W = 2,25–3,3 *Si и Mn* ≤ 0,35	Ковка: 1150–825° Отжиг: 800° Закалка: 900–950° в масле. Отпуск: 220–300°
8	Для резцов, фрез и др. инструментов при обработке с повышенной *скоростью, для* болванок сложных инструментов.	ЭС	C = 0,75–0,90 Cr = 3,5 – 4,5 W = 6,5 – 8,5 Si ≤ 0,35 Mn ≤ 0,35	Ковка: 1150–825° Отжиг: 800° Закалка: 875–1000° в масле или *струе воздуха.* Отпуск: 250–350°
9	Для горячего штампования *при высоких* требованиях, предъявляемых к инструменту, для обжимок и пр.	ЭГ	C = 0,60–0,70 W = 7,0 – 9,0 Cr ≤ 0,50 Si и Mn ≤ 0,35	Ковка: 1175–775° Отжиг: 800° Закалка: 1005–1050° в масле Отпуск: 380–400°
10	Для инструментов, которые при закалке не должны изменять своих размеров: для сверл, развертов, *фрез и специально для* калибров, особенно резьбовых.	ЭО	C = 1,0 –1,2 Cr = 0,60–1,0 W = 0,80–1,20 Mn = 0,90–1,20 Si ≤ 0,35	Ковка: 1150–825° Отжиг: 800° Закалка: 840–810° в масле Отпуск: 150–180°

Молибден и ванадий не бывают в качестве единственных присадок углеродистой стали, молибден, повидимому, действует подобно хрому, ванадий — вольфраму. Как хром, так и вольфрам и ванадий улучшают структуру стали путем уменьшения зерна мартенсита и роста карбидов и повышают при нагревании прочность стали и стойкость мартенсита. Примером этого является быстрорежущая сталь. Ванадий считается особенно ценной примесью в специальных сортах стали. Вследствие своей способности соединяться с кислородом и углеродом ванадий очищает расплавленный металл.

Марганец в небольшом количестве (свыше 0,4%) делает сталь слишком чувствительной к перегреву при закалке, поэтому его стараются избегать в инструментальной стали. Марганец очень сильно снижает критическую скорость при закалке и тем способствует сквозной закалке. Марганцовая инструментальная сталь однако в последние годы начинает распространяться за границей; известно, например, что метчики мелких размеров в Америке часто изготовляют из марганцовой инструментальной стали (с 1% Mn). [1]

Фосфор, сера и кислород (последний в виде окиси железа), в качестве примесей к стали, делают сталь хрупкой, когда их содержание превосходит определенные пределы. Содержание фосфора выше 0,60% делает сталь хрупкой в холодном состоянии; при содержании фосфора в 0,25% ударное сопротивление становится близким к 0.

Сера, в противоположность фосфору, при содержании в 0,06% и выше делает сталь красноломкой — хрупкой при высоких температурах, например при ковке стали; в то же время сера до 0,2% практически не влияет на вязкость стали в холодном состоянии.

Медь при содержании большем 1,5% вызывает красноломкость стали; при содержании выше 0,6% медь может вызвать хрупкость в холодном состоянии. 1% меди иногда добавляют к стали (главным образом к стальным отливкам) для улучшения антикоррозивных свойств (для уменьшения ржавления).

Мышьяк также увеличивает хрупкость стали — при содержании около 0,4% ударное сопротивление уже делается близким к нулю.

4. Быстрорежущая сталь.

Быстрорежущая сталь отличается по своим эксплоатационным свойствам от углеродистой и специальной инструментальной стали главным образом тем, что допускает значительно большие скорости резания, чем прочие виды стали. Поэтому из быстрорежущей стали изготовляется наиболее ответственный инструмент, работающий при высоких скоростях резания.

Быстрорежущая сталь содержит обычно, кроме углерода, вольфрам, хром, часто также ванадий, кобальт, молибден.

Важнейшей составной частью быстрорежущей стали является **вольфрам**; он увеличивает стойкость резцов, повышает температуру отпуска, делает сталь менее чувствительной к высоким температурам, понижает критические точки и уменьшает теплопроводность стали и ее способность к свариванию. Удельный вес стали растет с прибавлением вольфрама (при большом содержании вольфрама доходит до 9,0), излом необработанного термически материала становится более мелкозернистым, излом закаленной вольфрамовой стали напоминает собою излом фарфора.

[1] Сталь австрийск. фирмы Böhler (Amutit) состава (близкого к ЭО Электростали) 1,5% W, 1% Cr, 1% C и 1% Mn широко применяется для метчиков, калибров, разверток, т. к. он мало меняет размеры при закалке и хорошо обрабатывается при высоких скоростях и имеет широкий температурный интервал закалки (790—880°).

По *излому*, а также по характерному цвету и форме искр при затачивании на шлифовальном круге в заводских условиях легко отличать вольфрамовую сталь от всякой другой (*уже $^1/_4$% вольфрама обнаруживается при этом по искр*).

8—10% вольфрама делают сталь самозакаливающейся (закаливающейся при охлаждении на воздухе). *Температура образования мартенситовой* структуры зависит как от содержания вольфрама, так и от содержания углерода.

Быстрорежущая сталь содержит обычно *14—20% вольфрама*.

Главнейшим прогрессом в технике изготовления быстрорежущей стали за последние годы является присадка в б-сталь [1]) большого количества к о б а л ь т а. В то время, как до 1925 г. *не применяли б-сталь с содержанием кобальта выше 5%*, теперь применяют сталь с содержанием кобальта до 20%. Содержание кобальта несколько увеличивает твердость стали и, главное, удлиняет продолжительность *устойчивости стали при высоких температурах*. Так закаленная б-сталь с 18% W и 1% V (без кобальта), нагретая до 600°, через 1—2 часа теряет свою твердость, быстрорежущая же сталь с высоким содержанием кобальта и после 24-часового нагрева *еще имеет достаточно устойчивую режущую кромку*. Высококобальтовая б-сталь требует однако более продолжительного отпуска при 550—580°, чем обыкновенная б-сталь. Достоинством кобальтовой б-стали является также *уменьшение опасности пережога* при высоких температурах (по сравнению с обыкновенными сортами быстрорежущей стали) и значительное улучшение теплопроводности стали. В кобальтовой б-стали обязательно *присутствие ванадия*, так как лишь *при этом улучшается* устойчивость режущей кромки резца; лучшее содержание ванадия в кобальтовой б-стали ≈ 1,5%.

Ванадий также сообщает устойчивость *твердости стали при нагревании, однако в меньшей* степени чем кобальт. При высоком содержании ванадия однако должно быть также высокое содержание углерода (выше 0,6%). При нормальном содержании углерода *в б-стали содержание ванадия выше 0,4% не улучшает* режущих свойств б-стали. Американские хорошие сорта б-стали содержат, при 0,65% C, 1—2% V, причем 2% V применяется лишь при содержании вольфрама в 14%; при *обычном* же содержании W ≈ *18% содержание* ванадия обычно не превышает 0,8—1%,[2]) большей же частью колеблется в пределах между 0,2—0,6% V. Такое содержание ванадия очищает сплав (вследствие сродства ванадия к кислороду) и делает сталь *более вязкой*, с равномерной мелкозернистой структурой (большое содержание ванадия делает б-сталь вследствие избытка карбидов слишком твердой, трудно поддающейся ковке).

Высокое содержание у г л е р о д а — *до 0,85% полезно*, повышенное *содержание* углерода в б-стали несколько снижает температуру закалки. При более высоком содержании углерода б-сталь становится крупнозернистой, хрупкой и чувствительной к *перегреву*.

Высокое содержание вольфрама (до 20%) желательно, однако при обязательном высоком содержании углерода. При низком содержании углерода (и высоком вольфрама) при отпуске б-стали на *вторичную твердость не достигается* увеличения твердости.

При содержании вольфрама меньше 14% б-сталь получает недостаточную устойчивость при высоких температурах (при работе); *увеличение же содержания вольфрама выше 22%* нерентабельно — улучшение свойств б-стали при этом не окупает лишних затрат на вольфрам.

Высокое содержание х р о м а нежелательно. Нормальное его содержание в б-стали—3,5—4,5%. *Наибольшее допустимое* содержание хрома

---

[1]) Быстрорежущая сталь.

[2]) См. недавний *Am. S. c. Test. Mat. National Metal Handbook*, 1930.

б-стали — 6%. При большем содержании хрома б-сталь становится слишком хрупкой, затрудняются ее прокатка и ковка и облегчается возникновение трещин при закалке и затачивании инструмента.

Молибден сильно увеличивает твердость и устойчивость режущей кромки инструмента при высоких температурах; большим недостатком молибдена является вызываемое им увеличение крупнозернистости и хрупкости стали; поэтому Mo обычно содержится в б-стали не более 1%, лучше же $\approx 0{,}5\%$.

Ниже приведен химический анализ четырех наиболее характерных марок быстрорежущей стали, изготовляющихся в разных странах мира в 1922 году.

№№	Химический состав в %					
	C	Si	Mn	Cr	W	V
1	0,65	0,19	0,26	4,21	13,10	0,25
2	0,61	0,19	0,36	3,34	16,23	0,40
3	0,63	0,27	0,31	2,99	16,87	0,85
4	0,64	0,22	0,34	5,35	18,99	0,15

Произведенные способом Тейлора опыты для выяснения режущей способности резцов, сделанных из этих сортов стали, показали, что если

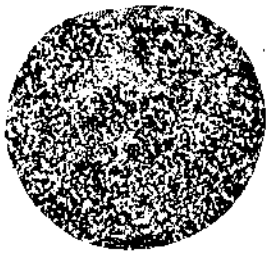


Рис. 89.

Рис. 90.

принять производительность резцов из стали № 3 в 100%, то производительность резцов из стали № 4 (наиболее близко отвечающей тому составу стали, который Тейлор считал в свое время лучшим) выражается в 70%, № 2 — в 60% и № 1 — в 45%. Наибольшая производительность резцов из стали № 3, повидимому, объясняется большим, чем в других сортах, содержанием ванадия; сталь № 4 хотя содержит и немного ванадия, однако компенсирует его вольфрамом.

В общем современные лучшие сорта быстрорежущей стали содержат: углерода — от 0,55 до 0,85%, марганца — менее 0,35%, фосфора — менее 0,015%, серы — менее 0,02%, кремния — 0,10—0,30%, вольфрама — 14—20%, хрома — 2—5%, ванадия — 0,25—1,00% и выше, кобальта — 0—5% и выше.

Структура обычных сортов быстрорежущей стали в отожженном ее состоянии (рис. 89 при увеличении в 200 раз) состоит из двойных карбидов вольфрама и хрома, аустенита и перлита. В закаленном состоянии более мелкозернистые двойные карбиды и вольфрамиды железа лежат в аустенито-мартенситовом поле. На рис. 90 представлен шлиф такой стали при увеличении в 600 раз.

Некоторые сорта быстрорежущей стали из числа изготовляемых в СССР
(Химический состав в %)

Назначение \ Заводы	Красный Путиловец	N-ский завод	Электросталь	Завод ПОЗ
Для резцов пониженной производительности при быстрой обработке материалов пониженной твердости; *для сверл, фрез, плашек и пр.*			ЭМ 2 C = 0,75 W = 12,0 Cr = 3,5 V = 0,6 Si ≤ 0,40 Mn ≤ 0,50	Ижевский рапид C = 0,55 — 0,7 W = 10,0 — 12,0 Cr = 3,5 — 4,5 V = 0,2 — 0,3 Mn = 0,2 — 0,3 Si = 0,2 — 0,3
Для резцов нормальной производительности при больших скоростях резания и материалах нормальной *твердости; для фрез, сверл и пр.*	Успех C = 0,5 — 0,8 W = 15,0 — 19,0 Cr = 3,5 — 5, Mn = 0,2 — 0,4 Si = 0,2 — 0,4		ЭМ 1 C = 0,65 — 0,80 Cr = 3,5 — 4,5 W = 14,0 — 16,0 V = 0,5 — 0,8 Si ≤ 0,40 Mn ≤ 0,50	
Для резцов высокой производительности при больших скоростях резания и материалах повышенной твердости; для сверл, фрез, прогонок и пр.	Победа C = 0,5 — 0,8 W = 18,0 — 20,0 Cr = 3,5 — 5,5 V = 0,5 — 1,0 Si ≤ 0,6 Mn ≤ 0,5	ХВИ C = 0,6 — 0,75 W = 18,0 — 20,0 Cr = 4,0 — 6,0 V = 0,1 — 0,2 Mn = 0,2 — 0,3	ЭМ C = 0,70 — 0,85 Cr = 3,5 — 4,5 W = 16,0 — 18,0 V = 0,7 — 1,0 Si ≤ 0,40 Mn ≤ 0,40	Рапид Тейлор C = 0,55 — 0,75 W = 18,5 — 19,5 Cr = 5,25 — 6,0 V = 0,1 — 0,35 Si = 0,15 — 0,3 Mn = 0,2 — 0,3

Быстрорежущая сталь, изготовляемая в СССР, имеется многих марок, предназначенных для различных целей. Выше приведена табличка химического состава главнейших сортов быстрорежущей стали, изготовляемой четырьмя крупнейшими заводами.

Кроме сортов б-стали, приведенных в табличке, в СССР изготовляются многие другие сорта, в том числе еще более дорогие и производительные по сравнению с указанными выше. Так, завод Электросталь изготовляет еще следующие наиболее дорогие сорта б-стали:

Марка ЭМВ. Высокованадиевая б-сталь для обдирочных и фасонных резцов, спиральных сверл и фрез очень высокой производительности, применяющаяся при больших скоростях резания и обработке твердых материалов. Химический состав: $C = 0,75-0,85\%$; $Cr = 4,0-4,5\%$; $W = 18,0-20\%$; $V = 1,0-1,5\%$; $Mo = 0,40-0,60\%$.

Марка ЭМК 5. Кобальтовая б-сталь для обдирочных резцов и спиральных сверл наивысшей производительности, применяющаяся при очень больших скоростях резания на сильнейших станках при обработке очень твердых материалов. Химсостав: $C = 0,7-0,8\%$; $Cr = 3,5-4,5\%$; $W = 17,0-19,0\%$; $V = 0,7-1,0\%$; $Co = 4,0-5,0\%$.

Марка ЭМК 10. Высококобальтовая б-сталь для обдирочных резцов наивысшей производительности, применяющаяся при наибольшем сечении стружки и очень большой скорости резания на сильнейших современных токарных станках при обработке самых твердых материалов. Химсостав: $C=0,7-0,8\%$; $Cr=3,5-4,5\%$; $W=17,0-19,0\%$; $V=0,7-1,0\%$; $Co=8,0-10,0\%$.

Следует иметь в виду, что как при всех вообще сортах инструментальной стали, так и в особенности при быстрорежущей стали, для реализации всех ее достоинств необходима правильно выполняемая тепловая обработка инструмента, режим которой должен точно соответствовать составу стали (см. стр. 336).

5. Специальные быстрорежущие сплавы.

Стеллит. В последние полтора десятилетия нашел большое применение найденный еще в 1907 году специальный быстрорежущий сплав, получивший сначала в Америке название стеллита (предложен американцем Heynes) изготовляемый теперь также в Европе с различными вариациями химического состава под разными названиями (акрита, цельзита, мирамента и пр.). Эти сплавы применяются в тех случаях, когда скорости резания, допускаемые быстрорежущей сталью, оказываются недостаточными для желательной производительности, когда конструкции станков и обрабатываемых предметов допускают более интенсивный режим обработки, когда вследствие недостатка в станках и установщиках желательно удлинить жизнь резца, или же для обработки особо плохо поддающихся снятию стружки материалов. Их высокая стоимость [1]) (значительно дороже быстрорежущей стали) окупается лишь в указанных выше случаях. Так как эти сплавы содержат железо лишь в качестве загрязнителя, их нельзя называть сталью. Состав этих сплавов колеблется в широких пределах; в среднем они содержат 50% Co, 28% Cr, 12% W, 2% C, 5% Fe; Si и Mn — остальное. Акрит содержит еще никель и молибден за счет части кобальта и вольфрама. Твердость по склероскопу этих сплавов — от 40—50, вследствие чего их нельзя назвать особо твердыми. Наиболее важными свойствами стеллита и других сплавов являются их значительная (гораздо более высокая чем у быстрорежущей стали) стойкость при высокой температуре и сопротивляемость истиранию, что и

[1]) В 1932 г. стеллит стоил около 15 руб. золотом за 1 кг при цене б-стали в 1 р. 20 к. золотом за 1 кг.

делает их особенно пригодными для режущих инструментов. Ценным является их свойство не отпускаться при нагревании, как это происходит у стали.

На рис. 91 изображена зависимость твердости стеллита от температуры и сравнение ее с *твердостью быстрорежущей стали*. Диаграмма показывает, что при высоких температурах стеллит значительно тверже б-стали. Инструменты из этих сплавов готовятся только отливкой (усадка 1,5%) и шлифованием, так как этот материал совершенно не

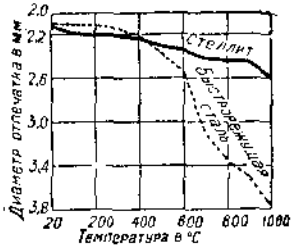


Рис. 91.
Твердость стеллита и б-стали при высоких температурах.

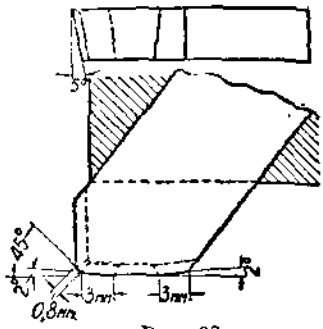


Рис. 92.

поддается прокатке, ковке и обработке режущими инструментами. Применяется чаще всего в форме пластинок, навариваемых на державки из машинной стали, или же в виде коротких брусочков, зажимаемых в державках. В виду большой хрупкости стеллита резцы не должны иметь острых углов, передний угол должен быть возможно меньшим, задний тоже (≈ 6°), угол резания возможно *большим* (≈ 68° *для мягких материалов*, ≈ 80° для твердых). На рис. 92 изображена заточка резца, изготовленного из стеллита, вставленного в фрезу со вставными зубцами.

Покрытие инструмента стеллитом применяется большей частью для матриц и пуансонов штампов для уменьшения износа их рабочих поверхностей. После покрытия инструмента стеллитом долговечность инструмента увеличивается от 3 до 30 раз. Стеллит может быть нанесен на сталь или чугун. Покрытие стеллитом производится следующим образом. Поверхность инструмента, подлежащая покрытию, шлифуется, запиливается напильником или зачищается наждачной бумагой, чтобы удалить с нее слой окислов; при этом стараются на поверхности, покрываемой стеллитом, избегать острых углов. После очистки деталь, на которую наносится слой стеллита, подогревают в печи или нейтральным (без избытка кислорода) кислородо-ацетиленовым пламенем, иначе возможно появление трещин на отложенном слое стеллита. При нанесении стеллита на сталь при помощи ацетиленового пламени с избытком ацетилена (избыток ацетилена определяется отношением размеров маленького светлого язычка пламени к большому) следует руководствоваться соотношением величины язычков пламени по рис. 93, что является важным условием для успеха работы. Температуру нагрева доводят до 1500°

Рис. 93.

температура плавления стеллита 1230°). Пламя направляют на отдельные участки поверхности инструмента и нагревают их до белого каления, после чего стержень стеллита (∅ 3,6 или 10 *мм*) вводят в пламя. Если сталь достаточно нагрета и пламя отрегулировано должным образом, стеллит начинает течь и заливает поверхность инструмента. Не следует мазать инструмент кончиком стеллитового прутка, так как в этом случае слой менее прочен. Желательно, чтобы слой стеллита нужной толщины откладывался не в несколько операций, а в одну, при одном нагреве.

При покрытии стеллитом чугуна следует давать меньший избыток ацетилена в пламени; при этом приходится кончиком прутка стеллита дотрагиваться до чугуна, так как стеллит хуже стекает на чугун, чем на сталь. При этом на чугун лучше сначала нанести тонкий слой стеллита, а затем вторично отложить слой нужной толщины. Стеллит и чугун имеют приблизительно одинаковую температуру плавления; поэтому не нужно расплавлять слой чугуна слишком большой толщины.

Если на покрытой стеллитом поверхности имеются точки и пузырьки, значит была плохо снята окалина с инструмента или в пламени было мало ацетилена.

Для предохранения от трещин следует инструмент медленно охлаждать после покрытия стеллитом. Мелкие трещины на стеллитной поверхности не влекут обычно откалывания стеллита, так как трещины доходят только до поверхности основного материала инструмента.

Все сорта стали, кроме марганцовой (Гадфильда) и быстрорежущей, можно покрывать стеллитом при помощи кислородо-ацетиленового пламени. Латунь и другие сплавы с низкой температурой плавления нельзя покрывать стеллитом.

Сорта стеллита. Американский стеллит для заливки поверхностей в настоящее время изготовляется трех сортов: № 1 — самый твердый, с твердостью по Бринеллю 512, по Роквеллу С 54 с сопротивлением разрыву в 28 *кг/мм*², лучше других сортов сопротивляющийся износу, но зато самый хрупкий; № 12 — несколько мягче стеллита № 1, и лучше него выносит удары, с твердостью по Бринеллю в 444, по Роквеллу С 48, с сопротивлением разрыву в 50 *кг/мм*², № 6 — самый мягкий сорт стеллита с меньшим сопротивлением износу чем № 1 и № 12, но зато более прочный в отношении откалывания и отставания от инструмента; его твердость по Бринеллю 402, по Роквеллу, С 43, сопротивление разрыву = 60 *кг/мм*².

Смена — советский быстрорежущий сплав типа стеллита, предложенный в 1931 г. Ленинградским Институтом металлов, состоит из вольфрама, хрома, никеля и железа. [1]) Этот сплав отливается в пластинки или круглые бруски ∅ 8 *мм*, при помощи которых описанным выше для стеллита способом Смена может быть приварена к поверхности инструмента. Твердость Смены 55—67 по Роквеллу С, удельный вес ≈ 8,7, температура плавления 1350°, температура нагревания резца с пластинкой из Смены, при которой последняя садится, — около 800°.

Сормайт — также советский быстрорежущий сплав типа стеллита, изготовляемый на заводе Красное Сормово, состоит из хрома, никеля, кремния, углерода и небольшого количества марганца. Он отливается для дальнейшего применения в пластинки и круглые прутки. Твердость сормайта $H_{R_c} = 56 - 60$, температура плавления около 1300°. Его недостатком является его хрупкость. [2])

---

[1]) Стоимость Смены около 12—20 руб за *кг*.
[2]) Стоимость Сормайта около 10—15 руб. за *кг*.

Карбиды вольфрама — видиа, карболой, победит. В 1927 г. в Германии появился новый режущий металл видиа (от слов wie Diamant) и затем несколько позднее, в Америке, — карболой. В СССР металл победит появился в 1930 г. Эти металлы по существу не являются сплавами, но получаются *путем спекания при* $t° = 1500 - 1600°$ *в атмосфере* водорода порошка вольфрамкарбида (WC) при помощи 8% кобальта. Оба металла, видиа и карболой (о победите см. ниже), изготовленные после покупки одного и того же патента, отличаются чрезвычайно высокой твердостью, сопротивляемостью истиранию и значительно превосходят режущие металлы типа стеллитов по своим режущим свойствам. Они обрабатываются только шлифованием (с большим трудом и обильным *подводом воды) и продаются кусочками для зажима в качестве резцов* в державки или для припайки к ним.

Для шлифования и затачивания карбидов вольфрама применяются шлифовальные круги со специальной связкой. Инструмент с припаянными лезвиями из видиа в особенности пригоден для обработки очень твердых материалов и отбеленного чугуна. При помощи этого инструмента можно даже обрабатывать обтачиванием стекло и закаленную сталь; он в особенности пригоден для таких материалов как эбонит, бумага и при этом превосходит по своей производительности быстрорежущую сталь. Недостатком видиа является его хрупкость (однако меньшая, чем у стеллита) и работа только при сравнительно малых подачах, но зато при очень *больших скоростях.*

Удельный вес карбидов вольфрама — около 14.

Распространению видиа и карболоя в настоящее время за границей несколько мешает их высокая стоимость. Ниже, на стр. 293, помещена таблица скоростей резания для видиа при обработке различных материалов и величины передних и задних углов резцов.[1])

В 1930 г. стало известно о новом быстрорежущем сплаве — видиа - x, *превосходящем обычный видиа в отношении стойкости режущей кромки,* меньшей хрупкости и допускающем более острые углы β заострения резца чем видиа, что делает его особенно пригодным также и для обработки вязких материалов. Видиа x, однако, менее теплопроводен, что

Скорость резания и заточка резцов с пластинками из видиа - x.

Материал		Углы заточки			Скорость резания м/мин	Подача мм	Глубина резания мм
		Задний α	Угол резца β	Передний γ			
Сталь	$\sigma_b = 36$ кг/мм² . .	5°	65°	20°	303	0,76	1,5
„	$\sigma_b = 50$ „ . .	5°	65°	20°	222	0,76	1,5
„	$\sigma_b = 60$ „ . .	4°	70°	16°	186	0,76	2,0
„	$\sigma_b = 75$ „ . .	4°	70°	16°	105	0,76	2,0
„	Cr-Ni, $\sigma_b = 85$ „ . .	4°	75°	11°	79	0,76	2,0
„	Cr-Ni, $\sigma_b = 110$ „ . .	4°	75°	11°	66	0,76	2,0

заставляет особенно заботливо оберегать его от быстрых колебаний температуры, напр. — при затачивании следить, чтобы струя охлаждающей воды была обильной и чтобы она была непосредственно направлена

[1]) Данные A. C. Wickman Ltd. (см. Machinery, 1930, March 27), величины у таблицы в ряде случаев несколько преувеличены.

Скорость резания и заточка резцов с пластинками видиа.

Обрабатываемый материал	Окружная скорость при обдирке v *м*/мин.	Окружная скорость при чистовом обтачивании v *м*/мин.	Передний угол резца γ	Задний угол резца α
Мягкая сталь:				
прутки или поковки . . .	35—60	100—180	24°	5°
отливки	24—60	45—100	8—13°	4°
Хромо-никелевая сталь и другая специальная сталь $\sigma_b = 60 - 140$ *кг/мм²* . . .	30—60	45—100	8—13°	5°
Быстрорежущая сталь:				
(отожженная)	27—45	30—75	8°	4°
Нержавеющая сталь:				
прутки	30—60	45—90	8°	4°
отливки	18—30	20—40	3°	3°
Марганцовая сталь Гадфильда (12% Mn)	3—7,5	7—12	3°	3°
Чугун $H_B = 200$ *кг/мм²* . . .	35—75	100—180	8°	4°
„ закаленный	2,5—6	6—15	3°	3°
„ ковкий	30—90	45—100	8°	4°
„ кремнистый	6—18	15—30	3°	2°
„ никелевый (10% Ni) . .	6—9	7—13	3°	3°
Медь	150—240	150—300	24—30°	6°
Бронза фосфористая, марганцовая, латунь твердая и пр.	60—135	120—240	0—3°	5°
Латунь мягкая	150—240	180—300	8—13°	5°
Алюминий	150—300	до 1200	24°	6°
Алюминиевые сплавы	90—225	135—300	24°	6°
Мягкая резина, растянутая на оправке	225—300	300 и более	30° с острой кромкой	6°
Эбонит, бакелит и пр.	150—240	225—450	чистовые резцы отрицат. $\gamma = -2°$ обдирочные — любой γ	6°
Фарфор, мрамор	3—9	7—18	0°	3°
Стекло	9—20	15—36	8°	8°

на затягиваемую пластинку. Твердость, сопротивление разрыву, коэфициент расширения α видиа-x подобны таковым у видиа. Выше на стр. 292 помещена табличка углов заточки пластинок видиа-x и скоростей резания, которые может допустить видиа-x и которые достижимы на мощных токарных станках и станках средней мощности при указанных в таблице глубине резания и подаче. Чистота обработанной поверхности при неизменной подаче тем выше, чем большескорость резания.

Быстрорежущие сплавы — рамет, титанит, получившие в последнее время широкую известность на Западе, состоят уже не из карбидов вольфрама, как видиа, карболой, победит, но из карбидов других металлов: рамет — карбида тантала (сцементированного никелем), титанит — карбидов титана и молибдена.

Рамет, изобретенный еще в 1915 г., отличается очень высокой температурой плавления (карбид тантала плавится при 4400°), высокой твердостью ($H_{B_0} \approx 90$) и очень малой теплопроводностью. По режущим свойствам рамет превосходит видиа и карболой.

Титанит, предложенный в Германии в 1931 г., имеет несколько меньшую твердость, чем рамет ($H_{B_0} = 80-85$) и небольшой удельный вес (5,7—6,5). Режущие свойства этого металла, судя по заграничным данным, замечательны, значительно превосходя видиа при обработке твердых металлов. Титанит изготовляется двух основных марок — для обработки стали (марка S) и для обработки чугуна (марка G.) Первая марка отличается от второй бо́льшим содержанием титана (58% против 38%), меньшим молибденом (15% против 34%) и меньшим — углерода (10% против 13,6%). Кроме этих металлов титанит содержит никель ($\approx 14\%$), хром (1%), кремний (0,3%) и алюминий (0,1%).

Победит [1]) советский быстрорежущий прессованный сплав, состоящий главным образом из карбида вольфрама, появившийся в 1930 г., по своим свойствам близкий к видиа, почти совершенно вытеснил на наших заводах благодаря своим хорошим качествам импортные быстрорежущие сплавы. Победит имеет твердость (в переводе на Бринелль) 1000—1400 в зависимости от количества присадок к карбиду вольфрама и плотности (по шкале Моса, см. стр. 183); по твердости карбид вольфрама лежит между корундом и алмазом. Стоимость победита в зависимости от формы и размера пластинок — 110—300 р. за 1 *кг* [2]). Применяется для резцов в виде пластинок, навариваемых на державки из поделочной стали (сопротивление разрыву материала державок $\sigma_b \approx 70$ *кг/мм*²). Он имеет малую теплопроводность и низкий коэфициент расширения при нагревании. Поверхностный слой победита окисляется на воздухе при нагревании до 600—700°. Температура размягчения победита — 1200—1300°. Победит ковать нельзя, так как он очень хрупок. Электрозавод в Москве изготовляет пластинки по нормам, часть которых приведена ниже.

Кроме описанных выше быстрорежущих сплавов, изготовляемых в СССР — смены, сормайта, победита, бикара, существует ряд других советских сверхтвердых сплавов, имеющих меньшее значение для металлообработки, применяющихся главным образом при бурильных работах, а именно: сталинит, догнать, вокар, ТСБА, релит. Последний сплав, предложенный в Москве на заводе Редэлем, применяется также для изготовления фильер в проволочном производстве.

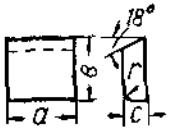
[1]) Производство быстрорежущих сплавов быстро развивается в СССР. Кроме упомянутых выше сплавов на заводе Кр. Путиловец изготовлен „бикар", по своим свойствам близкий к победиту. В 1932 г. изготовлен новый улучшенный аналогичный сплав — победит-альфа. В 1931 г. было изготовлено 15 *т* победита, в 1932 г. около 50 *т*. Быстрыми темпами ставится производство новых быстрорежущих сплавов. В 1933 г. предполагается уже выпустить 10 *т* на Электроламповом заводе сплава на титановой основе.

[2]) Данные 1932 *г*

Нормы на пластинки победит.

Для резцов токарных изогнутых, карусельных, лобовых и расточных, правых и левых.

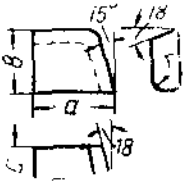
Форма 1.



№	Размеры державок			Размеры пластинок				
	A	B	L	a	b	c	r	Вес в г ≈
I	8	12	100	8	8	3	1	2,5
II	12	18	150	12	12	4,5	1	9
III	15	25	200	15	15	6	1,5	19
IV	20	30	250	20	20	8	1,5	45
V	25	40	300	25	20	8	1,5	56

Для резцов токарных обдирочных изогнутых, правых и левых.

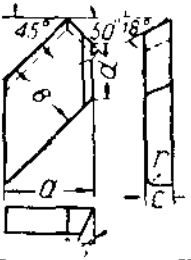
Форма 2.



№	Размеры державок			Размеры пластинок				
	A	B	L	a	b	c	r	Вес в г ≈
I	25	40	300	25	15	8	1 – 1,5	42
II	30	45	350	30	20	10	1 – 1,5	84
III	40	50	400	40	20	12	1 – 1,5	134

Для прямых обдирочных резцов, правых и левых.

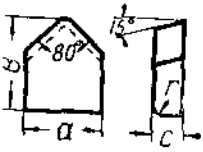
Форма 3.



№	Размеры державок			Размеры пластинок					
	A	B	L	a	b	c	d	r	Вес в г ≈
I	8	10	100	8	8	3	6	1	1
II	12	18	150	12	12	4,5	10	1	3
III	15	25	200	15	15	6	12	1,5	26
IV	20	30	250	20	20	8	16	1,5	64
V	25	40	300	25	20	8	15	1,5	78
VI	30	45	350	30	20	10	14	1,5	118

Для чистовых резцов.

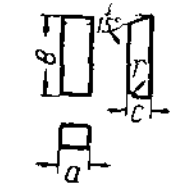
Форма 7.



№	Размеры державок			Размеры пластинок				
	A	B	L	a	b	c	r	Вес в г ≈
I	10	8	100	8	10	4	1,5	4
II	18	12	150	12	15	4,5	1,5	9
III	25	15	200	15	18	6	1,5	17
IV	30	20	250	20	20	8	1,5	31

Для отрезных резцов.

Форма 8.



№	Размеры державок			Размеры пластинок				
	A	B	L	a	b	c	r	Вес в г ≈
I	8	12	100	4	10	4	1	2
II	15	25	200	5	12	4	1	3
III	20	30	250	6	15	4	1	5
IV	20	30	250	8	20	6	1,5	10

Углы заточки резцов с пластинками из победита
(рекомендуемые Оргаметаллом).

Материал	Задний угол α	Угол резца β	Передний угол γ	Угол установки φ	Скорость резания м/мин. v
Сталь $\sigma_b =$ 35—50 *кг/мм²*	5°	60°	25°	55°	80
» » 50—70 »	5°	68°	17°	45°	50
» » 70—80 »	5°	78°	7°	30°	24
Чугун серый $H_B \leqq 160$ *кг/мм²*	4°	78°	8°	55°	70
» » $H_B = 160—200$	3—4°	78°	8—9°	45°	40
» » $H_B = 200—240$	3°	82°	5°	30°	20
Чугун отбеленный $H_B > 300$	2°	86°	2°	5—15°	$< 7,5$

Заточка резцов из победита. Для строгальных резцов для обработки всех материалов, задний угол делается до 4°, угол заострения = 75—80°. Угол наклона режущей кромки $\lambda = 12—15°$. Углы заточки токарных резцов из победита приведены выше. Удобно резцы затачивать по рис. 94—97.

У обдирочных резцов задняя грань резца затачивается на два угла: сначала затачивается державка на задний угол $\alpha + 3°$, затем затачивается собственно пластинка из победита на угол α (рис. 94).

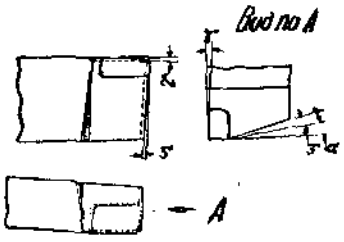


Рис. 94.

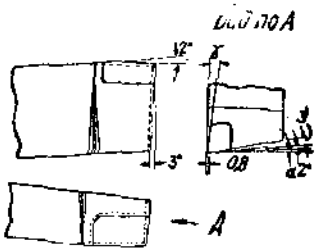


Рис. 95.

У чистовых резцов задняя грань затачивается на три угла: сначала затачивается державка на задний угол $\alpha + 5°$, затем пластинка победита на угол $\alpha + 2°$, и наконец узкая полоска у режущей кромки, шириною 0,8 *мм* на задний угол α (рис. 95).

Заточка канавочных резцов изображена на рис. 96. Малая величина боковых и задних углов ($\approx 1°$) делается в тех случаях, когда ширина прорезаемой канавки должна выдерживаться в строгих допусках; при этом однако нужна точная установка резца на станке.

Следует указать, что для быстрорежущих металлов нет большой необходимости в специальных углах заточки для различных материалов, так как дорого и неудобно (из-за легкости перепутывания) иметь в кладовых большой ассортимент резцов с разными углами заточки. На рис. 97 изображена заточка универсального резца, пригодного для обработки большинства материалов (кроме особо твердых).

Затачивание пластинок из победита производят на изготовляемых заводом Ильич в Ленинграде шлифовальных кругах для твер-

дых сплавов: предварительное затачивание производится карборундовым кругом („Экстра") с зернистостью 40, твердостью L; чистовое затачивание—кругом с зернистостью 80, твердостью К. Затачивание производить с обильным охлаждением водой. После затачивания на кругах для придания режущей кромке остроты и гладкости ее доводят специальными брусками для твердых сплавов с зернистостью 150—200, или шкурками с боркарбидом (зернистостью 140—200) или алмазным порошком. За границей резцы из видиа рекомендуют после шлифования (затачивания) заполировывать (доводить) алмазной пылью на чугунных дисках, так как такая обработка в несколько раз повышает стойкость пластинки от затупления. В последние годы появились особые порошки (напр. R 40 Нортона) для окончательной доводки видиа, сообщающей режущей кромке и передней грани высокую гладкость (блеск необязателен для стойкости при работе).

Преимущество победита перед быстрорежущей сталью заключается как в более высокой скорости резания, которую допускает

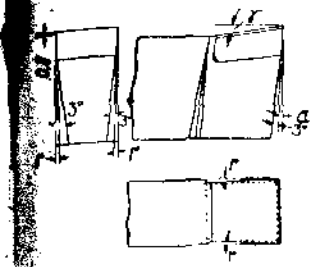


Рис. 96.

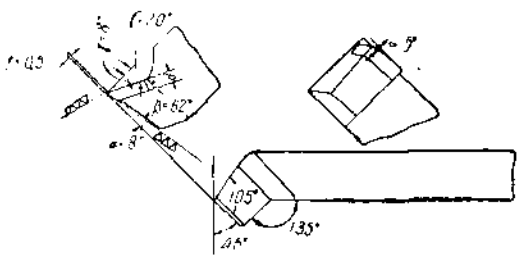


Рис. 97.

победит, так и, главным образом, в большей стойкости от затупления. В особенности большая продолжительность работы резцов с пластинками победита между заточками (по сравнению с резцами из быстрорежущей стали) проявляется при работе по бронзе, алюминию и чугуну, и меньшая—при обработке стали. При этом победит превосходит быстрорежущую сталь по стойкости как при токарной, так и при строгальной и фрезерной обработке металла в 5—10 и более раз (считая по числу деталей, обрабатываемых резцами из быстрорежущей стали и победита между заточками) и дает увеличение производительности (в единицу времени) от 1,5 до 3 и более раз. Это увеличение производительности зависит главным образом от увеличения скорости резания (см. табл. на стр. 296) и в значительно меньшей степени—от увеличения сечения стружки, так как сечение стружки обычно принимают одинаковым как для победита, так и для быстрорежущей стали.

Иногда сечение стружки для победита даже уменьшают, чтобы предохранить победит от выкрашивания. Преимущества победита в отношении производительности могут полностью проявиться лишь при работе на быстроходных и мощных станках.

Припаивание пластинок быстрорежущих сплавов к державкам лучше всего производить красной медью при помощи буры. Перед припаиванием державка на ее переднем конце запиливается (или фрезеруется) под пластинку с таким расчетом, чтобы при затачивании пластинки на требуемые углы пришлось меньше снять дорогого металла. Припаивание производится следующим образом: державку с зачищенной напильником поверхностью под пластинку нагревают в печи до температуры плавления буры (около 880°), затем вынимают из печи, посыпают по-

верхность под пластинку порошком буры, которая при этом плавится, чистят эту поверхность проволочной щеткой от окалины, затем снова посыпают бурой, накладывают пластинку, покрывают ее сверху небольшим кусочком (толщиной $\approx$ 1,5 *мм*) красной меди (рис. 98) и снова вводят державку в печь, температура которой должна быть не меньше 1100°. Когда расплавившаяся медь появится в зазорах между пластинкой и державкой, последнюю вынимают из печи, кладут на наковальню и пластинку прижимают вручную молотком к державке, стараясь получить возможно более тонкий слой меди (при толстом слое пластинка держится плохо). Выправление положения пластинки относительно державки следует производить до окончательного надавливания на пластинку. При нагревании державок на открытых горнах часто пользуются тонкостенными железными трубами, которые вдвигают в уголь, чтобы предохранить засорение места спайки. Нагревание желательно вести в нейтральном пламени (лучше всего в атмосфере нейтрального газа), чтобы устранить или уменьшить окисление победита.

Рис. 98.

Влияние различных способов напаивания пластинок карбида вольфрама (победита, видиа) на стойкость при резании. Если нагревать при припаивании пластинку победита в обычных печах или горне, то происходит окисление поверхностного слоя пластинки, что ведет к относительно более быстрому затуплению ее лезвия. Здесь приведена

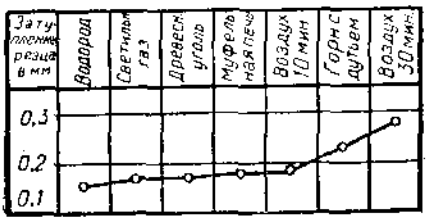


Рис. 99.

Влияние способа нагревания на затупление победита.

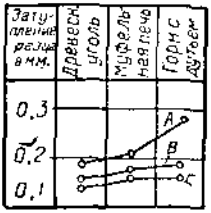


Рис. 100.

Влияние сошлифовывания верхнего слоя победита на его затупление.

табличка [1]) (рис. 99), указывающая сравнительную величину затупления победита за одинаковый промежуток времени при работе после припаивания различными способами.

Лучше всего работают пластинки, нагретые в трубчатых печах в атмосфере протекающего через печь водорода или светильного газа (расход $\approx$ 100 литров в час), и хуже других работают пластинки, нагретые на горне с дутьем. Если после припаивания с нагреванием на воздухе или в горне снять шлифованием верхний слой победита, то восстанавливается его нормальная режущая способность.

На диаграмме (рис. 100) линия *A* относится к затуплению резца после сошлифовывания слоя в 0,3 *мм*, линия *B*—после сошлифовывания 1,3 *мм* и линия *C*—после сошлифовывания 1,8 *мм*. Таким образом, лишь сняв значительный слой видиа или победита, можно довести его стойкость до нормальной для него величины. Такое сошлифовывание производить нежелательно (победит дорог и шлифуется с трудом), кроме того, для фасонных инструментов оно часто и невозможно. Поэтому желательно всеми мерами избегать окисления пластинок при напаивании.

[1]) По данным Agte и Schröder'a.

5. ВЫБОРЪ СТАЛИ

1. Назначение главнейших сортов инструментальной стали.

Углеродистая сталь. Для спокойно работающих токарных резцов применяется сталь с содержанием углерода от 1,2 до 1,4%, для фрез, сверл, разверток, зенкеров и т. п. — от 1 до 1,20% углерода, для более крупных и более сложных по форме инструментов — несколько меньше. Для просечек, штампов, пуансонов, больших ножей для приводных ножниц и пр. 0,8—1,1% углерода. Для инструментов для обработки дерева применяется сталь с содержанием углерода менее 1%. Для точных режущих инструментов лучшего качества, в особенности для фрез и сверл, некоторые заводы изготовляют углеродистую сталь с 1,2% углерода и добавкой небольшого количества вольфрама, который способствует устойчивости режущих кромок.

Специальная инструментальная сталь. Специальная сталь, содержащая 1,2—1,4% углерода, еще около 2—2,3% вольфрама, с успехом применяется для фасонных резцов, работающих на револьверных станках и автоматах, для метчиков и т. п., одним словом там, где необходимо, чтобы инструмент сохранял как можно дольше свою точную форму. Для инструментов, подвергающихся сильным ударам, как, напр., ручные и пневматические зубила, употребляется 3—4-процентная вольфрамовая сталь с 1—2% хрома и только с 0,4—0,6% углерода. Для той же цели идет сталь с несколько более высоким содержанием кремния или марганца.

Если требуется от стали особенно высокая твердость при относительно небольшой вязкости, как напр. это нужно для токарных и строгальных резцов, служащих для обработки закаленного чугуна, колесных бандажей, броневых плит и пр., то применяется сталь с повышенным содержанием вольфрама. Прибавка хрома делает сталь особенно твердой и уменьшает образование на поверхности окалины. Подробнее см. стр. 307.

Быстрорежущая сталь. Обыкновенная углеродистая перлитная инструментальная сталь, вследствии низкой температуры отпуска и тепловой непрочности цементита, при работе не должна нагреваться выше 150—225° С, иначе лезвие размягчается и портится. Несколько лучшие результаты с точки зрения производительности можно получить при применении мартенситной стали; для получения самой же высокой производительности приходится обращаться к разным видам быстрорежущей стали и к карбидам вольфрама (победит и пр.) и др. металлов, о которых см. стр. 291 и сл. Быстрорежущая сталь получила очень широкое распространение везде, где необходима высокая производительность инструментов (даже иногда на деревообрабатывающих станках). Хорошие результаты быстрорежущая сталь дает при изготовлении из нее резцов, сверл и фрез. Фрезы изготовляются преимущественно из б-стали, реже из у-стали № 1[1]. Несколько менее распространена быстрорежущая сталь для разверток, инструментов для нарезания резьбы и пр.; еще меньше она подходит для инструментов, требующих сохранения особенно хорошего лезвия, и вообще для инструментов, предназначенных для чистовой отделки. Особенным преимуществом быстрорежущей стали является сравнительно незначительная ее склонность к короблению при закалке (важно для метчиков, фасонных фрез с задней заточкой и пр.). Впрочем некоторые производящие инструментальную сталь заводы пытаются получать сорта перлитной стали с меньшим содержанием примесей, но обладающие тем же свойством.

---

[1]) В Соед. Штатах Америки в 1929 г. было изготовлено фрез из б-стали на 10,1 млн. долл., фрез из угл. стали на 0,5 млн. долларов. У нас в СССР применение угл. стали для фрез значительно шире, так как часто, в особенности для редко применяемых в производстве специальных фрез, нет смысла расходовать дорогую б-сталь, пока еще являющуюся дефицитным материалом.

Быстрорежущая сталь второстепенного качества, менее чистая, обладающая меньшей однородностью, применяется для напильников, зубил, матриц и пр.

2. *Выбор стали для различных изделий.*

Для вырубных штампов несложной формы большей частью применяется углеродистая инструментальная сталь с содержанием 0,8% С, требующая тщательной, осторожной закалки, чтобы не получить перегрева или закалочных трещин (t° закалки 755—765°). Для матриц со сложным контуром вырубки углеродистая инструментальная сталь непригодна, в виду возникновения закалочных трещин; в этом случае следует применять специальную хромистую или хромовольфрамовую сталь, например хромистую сталь марки ЭХ2 (см. стр. 283) с содержанием ≈ 1% С и 1,3—1,6% Cr. Эту последнюю сталь следует закалывать при 800—820° в воде или в масле, в зависимости от сложности профиля вырубки и величины матрицы, и отпускать при 230—270°. Для сложных составных вырубных штампов следует применять высокохромистую сталь, напр., ЭХ12 завода „Электросталь"; детали матриц и пуансоны, изготовленные из этой стали, следует закалывать при 975—1000° в масле, отпускать—в зависимости от требуемой твердости.

Для штампов для горячего штампования, для матриц для прессовки металла, для форм для отливок под давлением, от которых требуется устойчивость твердости при высоких температурах, пригодны лишь некоторые сорта специальной стали. Для крупных штампов для горячего штампования дает хорошие результаты хромоникелевая сталь— с малым содержанием углерода C = 0,15—0,30%, с 4—5% Ni, 1—1,7% Cr, с небольшим количеством вольфрама или без него. Близко к этому составу подходят марки Э16 и Э18 [1]) завода „Электросталь"; изготовленные из этих сортов стали штампы нагреваются до 820°, охлаждаются в масле и отпускаются при 350—550°, в зависимости от необходимой твердости. Упрощенная тепловая обработка штампов из этой стали заключается в нагреве их до 850° и охлаждении струей сжатого воздуха, направленной на рабочую поверхность матрицы или штампа, до 250—350°. Для штампов для горячего штампования пригодны так же хромовольфрамовые сорта специальной инструментальной стали, например марка ЭШ завода „Электросталь" (см. стр. 284). При особенно высоких требованиях к горячим штампам следует применять инструментальную сталь с высоким содержанием вольфрама (до 10%), например марки ЭГ „Электростали".

Для волочильных досок и колец для волочения железной и мягкой стальной проволоки пригодна высокоуглеродистая сталь с содержанием *до 1,8—2,2%* углерода (напр. ЭУ20 „Электростали"); твердость поверхности очков фильеров волочильных досок при применении этой стали *достигается* наклепом (не закалкой). Для волочения твердой проволоки следует применять специальную сталь, лучше всего высокохромистую с 12—14% Cr (например ЭХ12 „Электростали") или вольфрамовую сталь. Для волочения медной проволоки часто применяют волочильные *доски из* отбеленного чугуна. Для волочения очень тонкой проволоки ∅ от 0,02 до 1 *мм* применяются также алмазы с калиброванными отверстиями, вставленные в латунные оправы. Для волочения мягкой проволоки ∅ ≈ 0,2 *мм* пригодны алмазы от 0,5 карата и выше, для проволоки ∅ ≈ 1 *мм* около 3—3,5 карата. Для волочения твердой проволоки (напр. фортепианной) нужны большие алмазы, напр. для волочения пру-

---

[1]) Состав стали Э16: C = 0,15—0,22%, Cr = 1,30—1,70%, Ni = 4,0—4,7%, W = 0,80—1,20%. *Сталь Э18 отличается от* Э16 только бо́льшим содержанием углерода 0,20%—0,30%.

йной проволоки ∅ 0,1 *мм* нужны алмазы весом около 2—2,5 карата. Алмазные волочильные кольца при волочении стали довольно быстро снашиваются (через несколько суток работы) и потому применяются дольшей частью для волочения проволоки из цветных металлов; при этом они служат очень долго (от пяти месяцев до 1 года ежедневной работы). В последние годы для фильеров начали с успехом широко применять победит.[1])

Для шариковых подшипников наиболее подходит высокоуглеродистая хромистая сталь с 0,95—1,1% C, 0,9—1,6% Cr с содержанием марганца не выше 0,40%, кремния до 0,25%, и фосфора и серы не более 0,02%. Применима также, но главным образом для роликовых подшипников, малоуглеродистая хромистая сталь — с содержанием углерода до 0,2%, цементуемая после механической обработки деталей подшипников.[2]) У шариковых подшипников, изготовленных из цементованной стали, при недостаточной тщательности цементации иногда происходит при высоких нагрузках продавливание тонкого поверхностного слоя; у роликовых же подшипников такая опасность меньше. Иметь же вязкое ядро колец желательно, чтобы устранить излом колец во время работы (их хрупкость), влекущий иногда катастрофы (напр., у самолетов); кроме того мягкая сталь лучше твердой высокоуглеродистой обрабатывается режущим инструментом (высокоуглеродистая хромистая сталь в прутках поэтому не должна иметь H_B большей 210 *кг/мм²*).

Мягкая сталь для цепей — цепное железо — по ОСТ 1600 должна иметь сопротивление разрыву σ_b от 37 до 43 *кг/мм²* при удлинении δ не менее 24%; для диаметров свыше 35 *мм* допускается удлинение не менее 20%. Сопротивление разрыву образца после сварки должно составлять не менее 80% сопротивления разрыву целого образца. В соответствии с ст. 3 норм. (стр. 238) мягкая сталь для цепей должна выдерживать без трещин *загиб на 180° вокруг оправки диаметром = 0,5 a. Серы и фосфора* должно быть не более, чем по 0,04%.

Для пружин очень часто применяют так наз. „фортепьянную" проволоку (применяющуюся также для струн) из никелевой или же высокопрочной углеродистой стали, которую поставляют заказчикам в уже закаленном состоянии и из которой в холодном состоянии изготовляются (навиванием) витые пружины. Сопротивление разрыву фортепьянной проволоки колеблется от $\sigma_b = 260$ *кг/мм²* и выше (для малых диаметров проволоки), до $\sigma_b = 110$ *кг/мм²* (для больших диаметров). Такая фортепьянная проволока изготовляется диаметром от 0,05 до 5 *мм*; специально для пружин изготовляется проволока аналогичного состава диаметром до 13 *мм*. Для пружин также применяют обыкновенную углеродистую сталь, которую закаливают после навивания пружин. Перед закалкой такая сталь, в зависимости от содержания углерода и наклепа от волочения проволоки, имеет $\sigma_b = 65 - 90$ *кг/мм²*; после закалки *сопротивление разрыву повышается от 120 кг/мм² (для толстой* проволоки), до 160 *кг/мм²* (для тонкой ∅ ≈ 5 *мм*). Эта сталь применяется обычно для пружин с толщиной проволоки не менее 5 *мм*.

В качестве пружинной стали широко применяется также кремнистая сталь с содержанием кремния 1,2 — 2% при ≈ 0,7 — 1% углерода. При изготовлении гильз для станков и приспособлений и пружинящих частей применяют часто обыкновенную углеродистую сталь с 0,6—0,8% C.

---

[1]) Первая Всесоюзная конференция по твердым сплавам в апреле 1932 г. настаивала, чтобы вся проволочная промышленность перешла на фильеры из твердых сплавов, заменив ими волочильные доски и алмазы.

[2]) Известные заводы роликовых подшипников Тимкена применяют малоуглеродистую цементуемую хромистую сталь.

В Америке обществом тепловой обработки стали в качестве стандартных приняты следующие сорта стали для пружин и рессор:

Сорт стали	C	Mn	Si	Cr	Wa	Mo	P	S
Углеродистая . . .	0,9 —1,05	0,3—0,5	0,1—0,25	—	—	—	0,04	05,5
Хромистая	0,45—0,55	0,8—1,0	0,1—0,25	1—1,2	—	—	0,04	0,05
Хромо-ванадиевая .	0,45—0,55	0,7—0,9	0,1—0,20	1—1,2	0,15—0,25	—	0,04	0,05
Хромо-молибденовая	0,45—0,55	0,7—0,9	0,1—0,20	0,7—0,9	—	0,2—0,3	0,04	0,05
Хромо-кремне-марганцевая . .	0,45—0,55	0,7—0,9	0,4—0,6	0,7—0,9	—	—	0,04	0,05
Кремне-марганцевая .	0,55—0,65	0,7—0,9	1,8—2,1	—	—	—	0,045	0,0[illegible]

Тепловая обработка приведенных выше сортов стали для пружин рекомендуется при следующих температурах:

Сорт стали	Температура			Твердость по Бринеллю
	Отжига	Закалки	Отпуска	
Углеродистая	860—885°	830°	315—510°	352—415
Хромистая	875—900°	830°	345—510°	363—444
Хромо-ванадиевая	875—915°	815—875°	360—525°	363—444
Хромо-молибденовая	875—915°	845—875°	365—525°	363—444
Хромо-кремне-марганцовая .	875—900°	875—900°	360—525°	363—444
Кремне-марганцовая	875—900°	875—900°	345—510°	363—444

Сталь для зубчатых колес. Американское общество производителей зубчатых колес в октябре 1925 года приняло в качестве стандартных материалов следующие два сорта углеродистой стали для изготовления колес: 1) Состав стали для зубчатых колес, подлежащих цементации: *углерода 0,15—0,25%, марганца 0,40—0,60%, фосфора* не более 0,06% серы не более 0,06%. 2) Состав стали, зубчатые колеса из которой не цементуются, оставляются без дальнейшей тепловой обработки или закаливаются: углерода 0,30—0,40%, марганца 0,40—0,60%, фосфора не более 0,06%, серы не более 0,06%. Заготовки из обоих сортов стали перед изготовлением из них зубчатых колес должны быть тщательно отожжены, чтобы получить равномерную мелкозернистую структуру. Сталь должна быть мартеновской, тигельной или изготовленной в электрических печах; бессемеровская сталь *допускается лишь при* особом согласии заказчика.

В качестве специальных сортов цементуемой стали для зубчатых колес применяются многочисленные сорта хромоникелевой или хромистой стали. В последние годы за границей начали широко применять зубчатые колеса из хромо-ванадие-молибденовой стали, значительно более устойчивые против износа по сравнению с хромоникелевой сталью. Вследствие довольно высокой твердости этих колес, цементацию их обычно не производят. В качестве примера высококачественного материала для цементуемых зубчатых колес можно указать марку Э5 „Электросталь". Способ тепловой обработки этой стали, описанный по заводским данным, приведен в разделе о выборе стали для протяжек, стр. 307. Завод рекомендует закаленные зубчатые колеса из этой стали отпускать для уничтожения внутренних напряжений при 200° в течение 2 часов, с охлаждением в воде.

Сталь для измерительных инструментов должна легко и чисто обрабатываться, хорошо закаливаться, хорошо сопротивляться истиранию в закаленном состоянии, мало изменять форму при закалке, хорошо шлифоваться и полироваться и мало изменять свою форму при изменении температуры и с течением времени. Типичные сорта применяемой стали указаны ниже в таблице.

Сталь № 1 — типичная сталь для цементации; после обработки под шлифование она прокаливается в цементирующем порошке при 850° в течение 3—6 часов; во избежание коробления стали ее оставляют остывать в цементационном ящике и затем нагревают до 760—780° и закаливают в воде.

Сталь № 2 и № 3 — закаливается непосредственно с температуры 760—780° в воде; эти сорта стали сильнее и неравномернее всех других сортов коробятся при закалке.

Сорта стали № 4—8 закаливаются в масле в зависимости от сорта и размеров стали при 800—850°; эти сорта отличаются малым и равномерным изменением размеров при закалке и простотою тепловой обработки. На станках эти сорта обрабатываются несколько труднее, чем сорта № 1—3, твердость же их приблизительно одинакова.

Сталь № 9—10 замечательна простотой своей тепловой обработки и очень малым и очень равномерным изменением размеров при закалке; последняя производится путем нагрева при 950—970° с последующим охлаждением на воздухе; при больших размерах инструмента для получения большей твердости закалку можно производить в масле с температуры 900—930°. Обрабатываемость на станках хуже, чем у сортов стали № 1—8; шлифование и полирование закаленной стали также затруднительны. Вследствие большого содержания хрома сталь очень хорошо сопротивляется истиранию; сталь № 9 кроме того не ржавеет. Оба сорта стали не отпускаются при нагревании до 500° и поэтому могут при высоких температурах подвергаться искусственному старению.

Сталь № 11 носит название инвара, и применяется для геодезических и физических точных инструментов, где требуется материал с возможно меньшим коэфициентом расширения при нагревании. Сде-

№	Химический состав %						Тепловая обработка
	C	Si	Mn	Cr	W	Ni	
1	0,15		0,5				Цементовать; закаливать в воде
2	1,0	0,2	0,2				Закаливать в воде
3	1,0			0,5 или 0,5			
4	0,9		2,0				Закаливать в масле
5	0,9			0,5 или 0,5			
6	1,3			2			
7	1	1,5	1—1,5	1,5			
8	1		0,8	1	1,5		
9	0,4			13			Закаливать в воздухе или в масле
10	1,5—2,5			12			
11	0,4					36	Не закаливается

ланный из инвара стержень длиною в 1 *м* при нагревании на 1° С удлиняется в зависимости от предыдущей тепловой обработки на 0,0000001—0,000003 *м* = 0,1 — 3 μ.

Инвар, изготовляемый заводом „Электросталь", имеет состав: C=0,10 — 0,16%, Ni = 35 — 37%, Si ≦ 0,35%, ≦ Mn 0,40%, Cr ≦ 0,25%. Этот сорт стали куется в температурном интервале 1150—875°, отжиг, закалка и отпуск не производятся. Коэфициент расширения при нагревании до температуры 200° практически равен нулю (при 0° — коэфициент расширения $\alpha = 1{,}5 \cdot 10^{-6}$, при 100° $\alpha = 30 \cdot 10^{-6}$; при 200° $\alpha = 7{,}0 \cdot 10^{-6}$ и при 300° $\alpha = 15{,}0 \cdot 10^{-6}$).

Для измерительных инструментов, применяющихся при металлообработке, инвар слишком дорог; кроме того в нем нет существенной необходимости. Значительно удобнее такая сталь, коэфициент расширения которой приблизительно равен коэфициентам расширения употребляемых в машиностроении материалов. В последнее время для изготовления измерительных инструментов начали пользоваться сталью с содержанием 58% никеля, почти совершенно не поддающейся ржавчине и в то же время обладающей почти тем же коэфициентом расширения, что и обыкновенная сталь (0,011 *мм* на 1 *м* на 1° С). Вообще для измерительных инструментов лучше всего применять такие сорта стали, которые удлиняются на 1° С на 0,0115 *мм* на 1 *м* длины.

Для калибров — пробок и скоб — применяют или малоуглеродистую сталь, подлежащую цементации, или высокоуглеродистую инструментальную сталь с 1,0—1,2% С. Цементуемая сталь имеет преимуществом меньшее изменение размеров при закалке и меньшую изменяемость размеров во времени; высокоуглеродистая сталь удобна большей простотой тепловой обработки. В тепловую обработку обоих видов стали необходимо включать искусственное старение. Для высококачественных калибров рекомендуется применять хромистую инструментальную сталь, хорошо сопротивляющуюся истиранию и незначительно изменяющую свои размеры при закалке — например, марку ЭХ2 завода „Электросталь" (см. стр. 283). Для уменьшения изменений калибров вследствие закалки рекомендуется эту сталь обрабатывать следующим способом: после черновой обработки калибра закалить его при 800—825° в воде или в масле, отпустить при 600—625°, обработать начисто (кроме доводки), закалить при 800—825° в воде или масле, отпустить при 160—180° в течение 20—25 часов, после чего произвести окончательную доводку.

Для резьбовых калибров и другого ответственного измерительного инструмента подходит сталь марки ЭО („Электростали"), дающая очень небольшие объемные изменения при закалке; [1]) кроме того эта сталь в закаленном состоянии при проведении искусственного старения (же очень продолжительного для этого сорта стали) почти не меняет своих размеров с течением времени. Тепловую обработку инструмента, изготовленного из этой стали, рекомендуется вести следующим образом: закалить при 820—840° в масле и отпустить при 150—180° в течение 20—25 часов. Если важно получить после закалки неизменность размеров во времени, обрабатывать следующим образом: обработанный начерно инструмент закалить при 820—840° в масле, отпустить при 600—650°, окончательно изготовить инструмент, закалить при 820—840° в масле и отпустить (старить) при 150—180° в течение 20—25 часов. Эта же марка стали (ЭО) с успехом применяется для резьбовых инструментов сложной формы.

---

[1]) Хим. состав см. стр. 284.

Для резьбовых калибров в особенности можно рекомендовать цементуемую сталь, так как после цементации и закалки она меньше закаленной высокоуглеродистой стали изменяет свои размеры.

Для резьбовых инструментов применяется сталь: а) дающая стойкую режущую кромку, б) не слишком чувствительная к напряжениям при закалке, так как резьбовые инструменты обычно имеют форму, часто вызывающую трещины при закалке, в) не слишком сильно и равномерно изменяющая при закалке свою форму. Сорта стали для различных случаев работы и видов инструмента приведены ниже в таблице. Для инструментов со средней производительностью пригодна углеродистая сталь и специальная вольфрамовая с малым содержанием W. Вольфрамовая сталь находит широкое применение вследствие большой стойкости

Некоторые сорта стали для резьбовых инструментов.

Сорт стали	Химический состав в %			
	C	Mn	Cr	W
Углеродистая	0,80—1,20	—	—	—
Вольфрамовая	1,00—1,30	—	—	0,6—2,0
Марганцово-хромистая . . .	0,85—1,10	≈1	0,5—0,7	—
Марганц.-хромо-вольфрамов. .	0,90—1,10	≈1	≈1	1,0—2,0
Вольфрамовая (особо твердая)	1,2—1,4	—	—	4,0—5,0
Хромистая высокопроцентная	1,4—2,20	—	12,0—14,0	—
Быстрорежущая	(см. стр. 280)			

лезвий изготовленных из нее инструментов. Где важно получить равномерное и небольшое изменение длины инструмента при закалке, применяется марганцово-хромистая, марганцово-хромо-вольфрамовая и высокопроцентная хромистая сталь. Эти сорта вследствие большой толщины закаленного слоя и закалки в масле равномерно и мало меняют свою форму после закалки и отпуска. Для метчиков, прогонок и вставных

Сорт стали	Температура тепловой обработки			
	ковка	отжиг	закалка	охлажден. при закал.
Углеродистая . . .	1000—850°	680—700°	770—800°	вода
Вольфрамовая . . .	950—800°	710—730°	780—810°	»
Марганцово-хромистая	950—800°	680—700°	790—820°	масло
Марганцово-хромовольфрамовая	950—850°	710—730°	790—820°	»
Вольфрамовая (особо твердая) . .	950—850°	720—740°	790—820°	вода
Хромистая высокопроцентная . . .	950—850°	780—800°	880—930°	масло или воздух
Быстрорежущая . .	1150—900°	800—820°	1100—1250°	масло или воздух

плашек высокой производительности (нарезание труб часто производится с $v = 40 - 50$ *м/мин.*), применяют быстрорежущую сталь. [1]) Лучшую производительность дают резьбовые инструменты, закаленные до твердости 61 по Рокведлу.

Пилы для металла изготовляются из следующих сортов стали:

Сорт стали	Химический состав в %				
	C	W	Cr	V	Co
Углеродистая сталь . . .	1,2—1,3	—	—	—	—
Хромистая сталь	*около 1*	—	1—2	—	—
Вольфрамовая сталь . . .	1,2—1,3	около 2	—	—	—
Хромо-вольфрамовая сталь	1,2—1,3	1,5—2	0,75—1	—	—
Хромо-вольфрамо-ванадиевая	*около 1,5*	2	12	0,5	—
Хромо-кобальтовая сталь.	„ 1,5	—	12	—	3—5
Быстрорежущая сталь . .	0,65—0,75	13—22	4	0,5—2	—

Первые 2 сорта следует применять *для распиливания мягких* металлов.

Для спиральных сверл применяется как быстрорежущая (обычно с 16% или 18% W), так и углеродистая (с 0,9—1,2% C) сталь. Заграницей количество сверл, изготовляемых заводами на продажу на обоих сортов стали, приблизительно одинаково, с незначительным преимуществом в сторону инструментальной стали, [2]) у нас в СССР сверла из инструментальной стали преобладают. Быстрорежущие сверла имеют лучшую производительность—гл. образом при средних и больших диаметрах отверстий и при обработке черных металлов. Для отверстий малых диаметров, в особенности при обработке цветных металлов, напр. алюминия, чтобы использовать полностью быстрорежущие сверла, нужно дать станку очень большое число оборотов, редко достижимое при обычных конструкциях сверлильных станков; поэтому в таких случаях выгоднее применять сверла из углеродистой стали. Интересно отметить, что быстрорежущие сверла имеют меньшую механическую прочность, чем углеродистые, и выдерживают приблизительно всего лишь около 60% того крутящего момента, который может быть приложен к сверлам аналогичных размеров из углеродистой стали. Это обстоятельство важно учитывать (в особенности если завод оборудован изношенными сверлильными станками с значительной осевой игрой шпинделей), так как часто сверла выбывают из строя не вследствие затупления от больших скоростей, но от поломок, возникающих в момент выхода поперечного лезвия с нижней стороны просверленного материала, когда осевое давление резко меняется.

Для протяжек пригодна специальная сталь, мало изменяющая свои размеры при закалке и дающая устойчивое лезвие инструменту, например марка *ЭО „Электросталь"*. *Для менее ответственных протяжек*

---

[1]) В Сев.-Ам. Соед. Штатах быстрорежущая сталь для резьбонарезных инструментов широко применяется. В 1929 г. там было изготовлено (не считая трубно-нарезных инструментов) метчиков из б-стали на сумму 3,0 млн. долл., из у-стали — на 3,5 млн. долл. Протянок из б-стали и из у-стали — по 1,8 млн. долл.

[2]) В Сев.-Амер. Соед. Штатах в 1929 г. было изготовлено углеродистых сверл на 4,0, быстрорежущих—на 9,9 млн. долл. (сверла из б-стали в зависимости от формы в 1,75—3 раза дороже сверл из у-стали).

можно применять углеродистую сталь с C = 1,0 — 1,2%, улучшенную небольшим количеством ванадия, например марку ЭФ „Электросталь" (C = 1,00 — 1,20%, V = 0,10 — 0,20%). Эта сталь закаливается при 777—790° в воде и отпускается при 220—300°. Для протяжек можно также применять простую углеродистую инструментальную сталь с C = 1,00—1,20%, однако при этом нужно принимать меры, чтобы ее не слишком сильно повело при закалке: после фрезерования зубцов протяжки нормализовать ее, нагрев в печи и положив ее для остывания на плоскую плиту, и лишь после этого провести закалку. Для протяжек употребляют также малоуглеродистую сталь, которую цементуют. Цементацию и тепловую обработку следует вести так, чтобы получить мелкое зерно и избежать внутренние напряжения в стали, в соответствии с указаниями таблицы на стр. 340. Для цементации лучше углеродистой стали подходит хромо-никелевая сталь состава: 0,15% C, 0,8% Cr, 3 — 4% Ni, например марка Э5 Электростали. Эта сталь после цементации дает вязкое и прочное ядро протяжки при твердом наружном слое, и меньше высокоуглеродистой стали деформируется при закалке. Цементацию этой стали следует вести следующим образом: цементовать (около 8 часов) при 950°, охладить ящик вместе с печью, снова нагреть вместе с ящиком до 860° и ящик охладить на воздухе; затем произвести закалку при 760° в масле и отпустить при 160—200° с охлаждением в воде; температуру и продолжительность отпуска установить опытом в зависимости от размеров и формы протяжки.

Сталь для напильников. Для второстепенного качества напильников (в том числе для рашпилей) применяется углеродистая сталь (0,4—0,5% C) с примесью марганца (0,6% Mn) и кремния (0,5% Si). Эта сталь отжигается при 650—670°, закаливается при 790—820°, $H_B = 140$ — 160 *кг/мм²*. Качество напильников, изготовленных из такой стали, однако, плохое. Поэтому для хороших напильников применяются только высокоуглеродистая сталь (1,2—1,4% C, кремния не выше 0,2%, марганца также не выше 0,3%; отжигается при 680—710°, закаливается при 750—780°, $H_B = 170$—185 *кг/мм²*; для лучших же напильников иногда применяется сталь с присадкой хрома (0,7—1,5% Cr, 1,5% C, 0,3% Mn, 0,2% Si). Закалка напильников производится в насыщенном соляном растворе, недостаточное насыщение солью повышает процент брака.

Сталь для кос по ОСТ 714 установлена следующего состава: C = 0,65 — 0,75%, Mn до 0,45%, Si до 0,30%, P до 0,05%, S до 0,04%. Для изготовления кос № 5, 5½ и 6 допускается сталь с предельным содержанием углерода, пониженным до 0,55%. Сталь для кос может быть кислой мартеновской, тигельной или электросталью.

Для проволоки ответственного назначения применяются следующие сорта углеродистой стали: проволока для стальных тросов — для подъемных кранов, рудничных элеваторов и пр. C = 0,55 — 0,75%, с сопротивлением разрыву ≈ 140 *кг/мм²*, причем для проволоки меньших диаметров применяется высшее содержание углерода, чем для проволоки больших диаметров. В качестве фортепьянной (рояльной) проволоки применяется сталь с 0,7 — 1,1% C, при $\sigma_b = 260$—380 *кг/мм²* и ниже (ниже для больших диаметров). Для торговых сортов проволоки, для пружин, подвергающихся после навивки закалке, применяется сталь с 0,60% C (см. так же стр. 301).

Для обработки особо твердых материалов, в особенности отбеленного чугуна, при малой глубине резания, подаче и скорости, применяется специальная вольфрамовая сталь большею частью следующего

состава: 1,2—1,4% C, 5,0—8,0% W, 0—1,0% Cr, 0—0,05% V. Из такой стали делают резцы для обработки отбеленного чугуна. Эта сталь применяется обычно в неотожженном состоянии, так как при отжиге ее очень легко испортить; в случае же крайней необходимости (для облегчения обработки сложных инструментов) ее *отжигают путем медленного* и равномерного повышения температуры до 700°, прокаливания при этой температуре в течение часа и охлаждения в печи. Закалка производится при 800—820° охлаждением в теплой воде. Затачивание на песчаном камне при малом нажатии и при обильном поливании водой. При работе повышением температуры инструмента вследствие слишком большой подачи, глубины или скорости резания эту сталь можно очень легко испортить.

Сталь состава, близкого приведенному выше, изготовляется в СССР. Так, завод „Электросталь" изготовляет „алмазную" сталь (марки ЭА) состава C = 1,3 — 1,7%, Cr = 0,50 — 0,75%, W = 4,0 — 5,0%. Эту сталь рекомендуется применять для токарных, строгальных и долбежных резцов при обработке с небольшой скоростью резания самых твердых материалов: закаленного чугуна, наторможенных бандажей, панцырных плит. Эта сталь с успехом применяется также для гравировальных резцов, ножей для рифления, волочильных досок для особенно твердого материала и пр. Сталь эта куется при 1000—825°, отжигается при 800°.

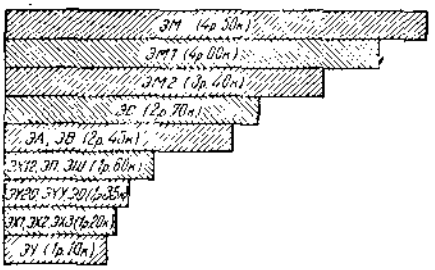


Рис. 101.

Сравнительная стоимость некоторых сортов инструментальной стали („Электросталь").

Тепловую обработку инструмента, изготовленного из этой *стали, следует вести очень осторожно*, чтобы сталь не испортить. Закаливается эта сталь следующим образом: очень осторожно и медленно подогревать до 300—400°, затем нагревать строго до 800—820°, сразу же при достижении этой температуры закалить в воде (не передерживая инструмент в печи); температура воды должна быть 20°, для инструмента сложной формы — 50°. После закалки следует немедленно произвести отпуск при 150—180°. Резцы и инструмент из этой стали при работе не должны нагреваться выше 180—200°, так как при достижении этой температуры сталь теряет свою твердость.

Для постоянных магнитов применяется хромистая, хромо-вольфрамовая, хромо-молибденовая сталь. Заводом „Электросталь" изготовляется хромо-вольфрамовая сталь (марки ЭВ) состава C = 0,68—0,75%, W = 5,50—6,30%, Cr = 0,40—0,60%. Магниты из нее гнутся при 800—850°; закаливаются при 850° в воде; остаточная индукция $B = 10\,000 - 10\,500$, коэрцитивная сила $H_c = 60 - 65$, максимальная магнитная энергия в эрг./см³ $\left(\frac{BH}{8\pi}\ \max\right) = 11\,500$. Магнитная хромо-молибденовая сталь (марки ЭХМ) того завода имеет состав: C = 0,90—1,00%, Mo = 2,0—2,50%, Cr = 0,60—0,90%. Магниты из нее гнутся при 800—850°, закаливаются в воде с 825°. Остаточная их индукция $B = 10\,000 - 10\,500$, коэрцитивная сила $H_c = 70 - 75$, $\frac{BH}{8\pi}\ \max = 13\,000$. Оба эти сорта стали куются при 1175—800°. Марка ЭВ отпускается при 730°, марка ЭХМ — при 750° (о хромистой магнитной стали см. стр. 265).

3. Сравнительная стоимость инструментальной стали.

При выборе стали недостаточно только подобрать наиболее лучший по своим свойствам для данного инструмента или детали сорт стали,

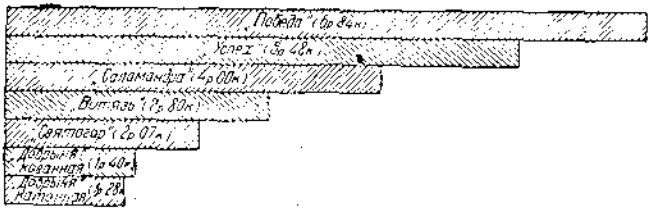


Рис. 102.

Сравнительная стоимость некоторых сортов инструментальной стали („Кр. Путиловец").

но нужно при подборе учесть и стоимость этого сорта так, чтобы выбранный сорт стали из числа других подходящих сортов для данного инструмента был наиболее дешев. Это необходимо, чтобы не расходовать без особой нужды дефицитных и дорогих металлов, входящих в состав дорогих сортов стали, частично еще импортируемых из-за границы. На диаграммах (рис. 101—103) представлена относительная стоимость некоторых сортов стали, изготовляемых в СССР (цены ориентировочные, относятся к 1 *кг* круглой стали ∅ 15 *мм*, к 1930—1931 гг.). На рис. 101 представлена относительная стоимость некоторых сортов инструментальной стали, изготовляемой заводом „Электросталь", на рис. 102 — заводом „Кр. Путиловец", [1]) на рис. 103 — мартеновской и тигельной стали того же завода. Из последней диаграммы видно, что мартеновская инструментальная сталь в три с лишним раза дешевле тигельной стали.

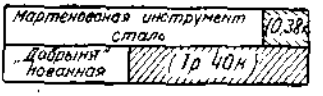


Рис. 103.

Сравнительная стоимость тигельной и мартеновской стали. („Кр. Путиловец").

---

[1]) Саламандра — марка высокохромистой нержавеющей стали (№ 5 — для работы при сильных давлениях и высоких температурах, № 3 — для бритв, ножей, хирургических инструментов); закаливается при 900°, отпускается при 400—500°.

„Витязь" — хромо-вольфрамовая сталь для работы без ударов и с повышенной скоростью резания для чистовой обработки (резцы, метчики, сверла и пр.). Закаливается при 800° в воде, отпуск при 200—225°, куется при 1000—825°.

„Сянтогор" — ванадиевая сталь для обработки очень твердых материалов. Рекомендуется для фрез малых размеров и сложной формы, монетных штемпелей и пр. Закалывать при 780° в воде, заканчивать закалку в масле; отпускать при 150—200°.

VI. ТЕПЛОВАЯ ОБРАБОТКА СТАЛИ

1. ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗО-УГЛЕРОДИСТЫХ СПЛАВОВ.

При охлаждении расплавленного железа, стали и чугуна температура падает не беспрерывно, но при некоторых температурах (называются они критическими температурами), вполне определенных для каждого сорта металла, падение температуры приостанавливается на некоторое время, а затем возобновляется вновь. На рис. 104 представлена диаграмма изменения температуры при нагревании и остывании чистого железа. При температуре 1528° чистое расплавленное железо начинает застывать — образуются кристаллы твердого δ-железа в жидком металле.

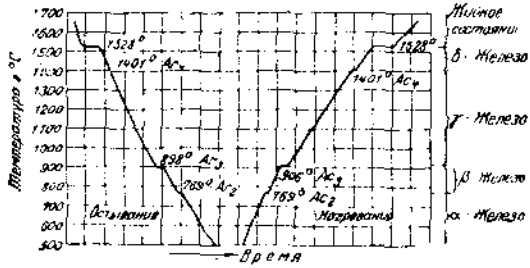


Рис. 104.

При температуре 1401° δ-железо превращается в γ-железо, последнее при 898° превращается в β-железо, которое при 769° становится α-железом.

Превращение одной аллотропической [1]) формы железа в другую при охлаждении сопровождается выделением тепла, что отражается на прекращении падения температуры на время этого превращения. При нагревании железа эти превращения чередуются в обратном порядке и сопровождаются также перерывами в повышении температуры, что служит признаком, что они поглощают тепло.

Железо γ немагнитно, растворяет в себе углерод и отличается плохой тепло- и электропроводностью. Железо β в строении атома подобно железу α и отличается от него лишь плохой магнитностью (в последнее время склонны отрицать существование β-железа в качестве самостоятельной аллотропической формы). Железо δ, образующееся лишь при расплавлении стали с содержанием углерода до 0,36%, по своей атомной структуре подобно железу α. Железо α магнитно и не растворяет в себе углерода.

Изображенная на рис. 104 кривая изменения температур относится к чистому железу. Для сплава железа с углеродом кривые изменения температур будут иметь подобный вид, но положение критических то-

[1]) Аллотропия — свойство элементарных веществ в твердом состоянии существовать в различных видоизменениях.

чем будет иным и будет определяться содержанием в сплаве углерода. Положение критических точек для железо-углеродистых сплавов можно определить по изображенной на рис. 106 диаграмме, называемой диаграммой железа-цементита (иногда она называется так же диаграммой Гереиса-Розебума или Робертс-Аустена).

По оси абсцисс диаграммы (рис. 105) отложено содержание в сплаве углерода, по оси ординат — температура нагрева. По этой диаграмме, таким образом, для определенной температуры углеродистой стали и для определенного содержания в ней углерода можно определить состояние

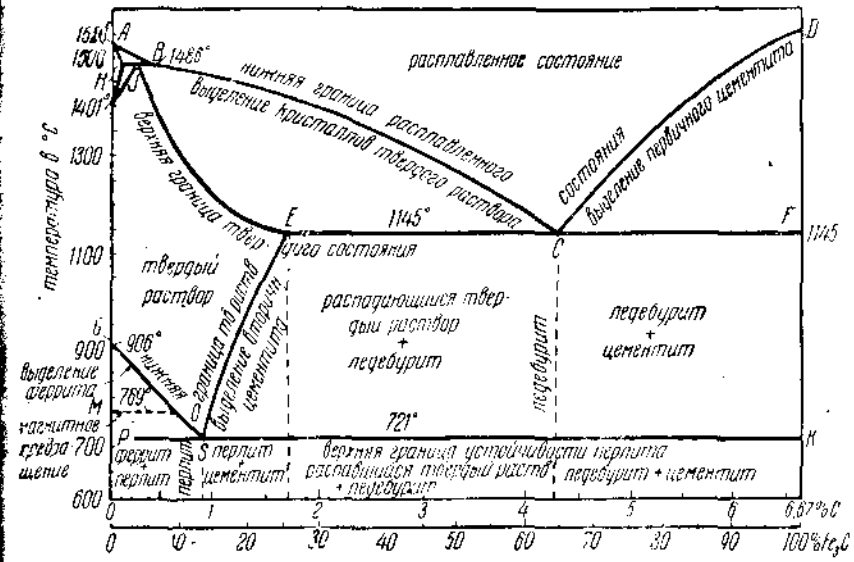


Рис. 105.

стали. Эта диаграмма дает важные указания для тепловой обработки стали. Линия диаграммы *AC* показывает, каким образом при возрастании содержания углерода падает температура плавления стали — с 1528° (при чистом железе) до 1145° (при сплаве с содержанием 4,29% С). Точно так же по линии *DC* падает температура плавления с 1550° (приблизительно для чистого цементита) до 1145°. Таким образом, кривая *ACD* является кривой температуры начала застывания углеродистых сплавов. Кривая *AECF*[1]) определяет температуры окончательного застывания. *В металлографии линию ACD называют линией ликвидуса* (liquidus — жидкий), линию *AECF* — линией солидуса (solidus — твердый). Выше линии ликвидуса имеется только жидкий сплав, ниже линии солидуса — только твердый, между обоими линиями — твердые кристаллы в жидком сплаве.

Важной точкой диаграммы является точка *E*, соответствующая 1,75% С и 1145°. Она определяет собою наибольшее количество углерода (1,75%), которое может быть растворено в твердых кристаллах (в так называемом

[1]) Участок диаграммы *ABIH* указывает положение δ-железа; так как δ-железо практического значения не имеет, большей частью на диаграмме состояния этот участок не вычерчивается и точка *A* соединяется с точкой *E* плавной линией.

твердом растворе, представляющем собою раствор цементита в феррите). Идущая вправо от точки E линии EF показывает, что в сплавах, с содержанием углерода выше 1,75% застывший металл состоит из кристаллов твердого раствора с растворением 1,75% С и эвтектики, под *названием которой понимают* тесную смесь цементита с твердым раствором. При содержании углерода в 4,29% С застывший металл представляет собою только эвтектику, называемую ледебуритом, при большем же содержании углерода — эвтектику (ледебурит) с цементитом, выделившимся из расплавленного металла по кривой DC. Железоуглеродистые сплавы с содержанием углерода меньше 4,29% называют подэвтектическими, с содержанием 4,29% С — эвтектическими, с большим содержанием углерода—надэвтектическими.

Участок диаграммы $AESOG$ называют областью твердого раствора (называемого аустенитом), так как определяемое этим участком

Рис. 106.

Рис. 107.

состояние застывшего металла характеризуется способностью изменять *количество углерода, растворенного в твердых кристаллах, в зависимости* от температуры и содержания углерода в сплаве в целом.

По линии GOS из твердого раствора при охлаждении металла начинает выделяться железо β (по GO) и железо α (по OS), по линии SE — вторичный цементит. Выше же линии GOS и SE находится только твердый раствор без выделений железа или цементита; ниже этих линий твердого раствора не существует, из раствора выделилось железо и цементит. По мере выделения β- и α-железа из твердого раствора (при понижении температуры) последний обогащается углеродом и в точке S заключает в себе 0,89% С. Сплав с содержанием 0,89% С носит название эвтектоида. Железо-углеродистые сплавы с меньшим чем 0,89% содержанием углерода называются подэвтектоидной сталью, с содержанием 0,89% С — эвтектоидной сталью, при большем содержании углерода — надэвтектоидной сталью. Линия MO обозначает границу превращения γ-железа в β-железо; выше линии $MOSK$ железо немагнитно. При содержании углерода в 0,89% застывший металл представляет собою только эвтектоид, называемый перлитом (рис. 106), состоящий из различимых только при большом увеличении тонких пластинок железа (α-феррита) и карбида железа (Fe_3C) — цементита.

Перлит при надлежащей тепловой обработке из пластинчатого может быть превращен в зернистый (пластинки цементита могут быть превращены в зерна), с лучшей обрабатываемостью снятием стружки. [1]) Подэвтектоидный охлажденный сплав (с меньшим содержанием, чем 0,89% С) состоит из феррита и перлита (рис. 107), так как углерода недостаточно,

[1]) Достигается специальным отжигом, иногда называемым „сфероидизацией перлита". *Зернистый перлит называют иногда так же „точечным" и „глобулярным".*

чтобы образовать сплошной перлит. Надэвтектоидный охлажденный сплав с $> 0{,}89\%$ C состоит из перлита и цементита (рис. 108), в виду избытка углерода. Из перечисленных выше элементов структуры, феррит — наиболее мягкая часть ($H_B \approx 90$), цементит — наиболее твердая ($H_B \approx 820$); перлит по твердости занимает среднее место между ними ($H_B \approx 225$). Если медленно нагревать эвтектоидную сталь, то цементит перлита, при температуре выше 721° *C* начнет растворяться в феррите, образуя с последним твердый раствор. Кристаллы этого твердого раствора, сначала очень небольшие, растут в зависимости от температуры и от времени, в течение которого сталь остается нагретой.

При нагревании подэвтектоидной стали при переходе за 721° сначала один лишь перлит переходит в твердый раствор, феррит же растворяется только при более высоких температурах. Оканчивается переход феррита в раствор при температурах выше точек линии *GOS*.

Если же нагревать надэвтектоидную сталь, то при температуре выше 721° C опять растворяется только перлит, цементит же переходит в твердый раствор при более высоких температурах; его растворение заканчивается при температурах, лежащих выше кривой *SE*.

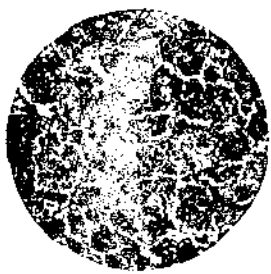


Рис. 108.

При медленном охлаждении стали происходят те же явления только в обратном порядке, [1]) т. е. твердый раствор распадается на свои составные части, образуя перлит и феррит — в случае подэвтектоидной стали, перлит — при эвтектоидной стали и перлит и цементит — при надэвтектоидной стали.

Обозначение критических температур стали производят обычно большой буквой *A* (от слова arrêt — остановка) с маленькой буквой *r* (если речь идет об охлаждении — от слова refroidissement), или *c* (если речь идет о нагревании — от слова chauffage) и со знаками *1*, *2*, *3* или *4* — в зависимости от расположения на диаграмме (рис. 101) точки, соответствующей данной температуре. Критические температуры, обозначающиеся символами Ar_1 и Ac_1, соответствуют прямой *PSK* диаграммы, температуры A_2 — линии *MO*, A_3 — линии *GS*. Точки линии *SE* обычно обозначают через A_{cm}. Температура, соответствующая линии *PSK*, для нагревания $\approx 721°$, для охлаждения $\approx 690 - 700°$ (в зависимости от скорости процесса), температура линии $MO \approx 769°$, точки $G \approx 906$, точки $H \approx 1401°$ (точка A_4). [2])

Структура закаленной стали. Если быстро охладить сталь, нагретую выше 721°, то это замедлит распадение твердого раствора, вследствие чего при обыкновенной температуре получится мартенсит, не входящая же в состав твердого раствора часть при нагревании ниже кривой *GOSS* остается без изменений (феррит при подэвтектоидных и цементит при надэвтектоидных сортах стали). Мартенсит очень тверд; закаленная сталь характеризуется его своеобразной игольчатой структурой. Эвтектоидная сталь при быстром охлаждении от температур выше 721° C дает только чистый мартенсит. Если закалочная температура взята немного выше 721°, он очень мелок, и становится тем крупнее.

---

[1]) Критические температуры при охлаждении стали лежат ниже, чем при нагревании стали.

[2]) Существует еще точка A_0 которой обозначают температуру 215° — температуру магнитного изменения цементита.

чем выше берется эта температура и чем дольше *выдерживается при* ней сталь. На рис. 109 представлен мартенсит при увеличении в 200 раз.

При быстром охлаждении *подэвтектоидной стали с температуры*, немногим большей 721° С, получится также мелкозернистый мартенсит, но с вкраплениями *мягкого феррита*. На рис. 110 изображен такой шлиф при увеличении в 200 раз (мартенсит темный). Лишь при охлаждении *от температур, находящихся* выше кривой *GOS*, получается чистый мартенсит, но уже более крупнозернистый.

Надэвтектоидные сорта стали при быстром охлаждении от температуры, несколько большей 721°, дают опять-таки мелкий мартенсит, но с включениями твердого цементита. На рис. 111 изображен такой шлиф при увеличении в 200 раз (цементит светлый). Только при охлаждении от температур выше кривой *SE* (рис. 105) получается чистый очень крупноигольчатый мартенсит.

Если охлаждение происходит не так быстро, как это необходимо для образования мартенсита, но все же *достаточно скоро для того*,

Рис. 109.

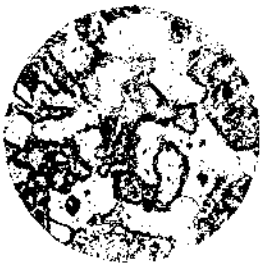


Рис. 110.

Рис. 111.

чтобы не *получился перлит*, то возникают переходные структуры: троостит, осмондит, сорбит, твердость которых лежит между мартенситом *и перлитом*, уменьшаясь от первого к последнему в вышеприведенном порядке. Эти же структуры возникают при отпуске закаленной стали.

В действительности почти всегда (исключая закалку тонких предметов) при закалке рядом с мартенситом получается внутри, вблизи середины предмета, осмондит, так как оттуда тепло отводится недостаточно быстро.

2. ОТЖИГ.

Назначение отжига. Отжиг применяется:

1) Для улучшения механических свойств стали путем уменьшения величины кристаллов.

2) Для улучшения обрабатываемости твердой стали *снятием стружки*.

3) Для увеличения вязкости наклепанной стали, подвергнутой волочению, вытягиванию или *вальцеванию и сделавшейся вследствие* этого хрупкой.

4) Для *устранения внутренних напряжений*, вызванных предыдущей обработкой и вредных для последующей обработки (для закалки) или *для неизменности размеров* деталей.

5) Для превращения структуры стали в такой вид ее, который *улучшает* качество дальнейшей тепловой обработки.

Температура отжига. Критические температуры превращения перлита, феррита и цементита в *твердый раствор и обратно при нагревании*

Название элементов структуры стали. [1])

Название	Определение
Феррит	Железо α; чистое железо; феррит магнитен, мягок.
Цементит	Химическое соединение углерода с железом, называемое карбидом железа $=Fe_3C$; содержит 6,67% углерода, очень тверд, хрупок, магнитен при $t < 210°$.
Ледебурит	Эвтектика (с наинизшей температурой плавления) для железо-цементитного сплава, состоящая из грубых кристаллов цементита и подвергшихся распадению или же целых кристаллов твердого раствора с содержанием 1,75% C.
Перлит	Эвтектоид (с наинизшей температурой превращения) системы железо-цементит, состоящий из мельчайших пластинок феррита и цементита (может быть также зернистый перлит) с содержанием 0,89% C.
Аустенит	Твердый раствор (раствор в железе цементита).
Мартенсит	Первичный продукт распада аустенита при быстром охлаждении, с иглообразными кристаллами.
Троостит	Вторичный продукт распада аустенита при охлаждении. Феррит и цементит находятся в особо измельченном состоянии. Отличается в шлифах темнокоричневой и черной окраской.
Осмондит	Продукт распада мартенсита при отпуске при 400°, отличающийся наивысшей растворяемостью в серной кислоте.
Сорбит	Дальнейший продукт распада аустенита и непосредственный продукт распада троостита—осмондита. Близок по строению к перлиту, но имеет измельченную по сравнению с перлитом структуру.

лежат выше, чем при охлаждении, что может быть объяснено тем обстоятельством, что процесс растворения и кристаллизации требует времени. Поэтому температура нагревания стали при отжиге принимается на 30—60° выше кривой диаграммы состояния *GOSE* (стр. 311).

На рис. 112 заштрихованные полосы указывают температуры отжига для стали с различным содержанием углерода. Полная перекристаллизация практически достигается отжигом при температурах интервала 1.

Специальные примеси к стали меняют положение критических точек. Наиболее сильно влияют марганец и никель — снижают температуру превращения феррита и перлита в твердый раствор, несколько слабее действуют хром и вольфрам (из этих элементов хром критические точки повышает).

Марганцовая сталь с содержанием от 0,8 до 2% Mn для уменьшения твердости отжигается при 600—650°, аустенитовая марганцовая сталь с 12—13% Mn — при 500—600° с последующим медленным охлаждением. Никелевая сталь для уменьшения твердости отжигается между 500—600°, хромистая и вольфрамовая сталь — при 700—740° и выше, в зависимости

[1]) По исследованиям Тальмана (1926) главнейшие элементы структуры стали имеют в среднем следующую твердость по Бринеллю: феррит — 90, перлит — 225, сорбит (0,9% C) 370, троостит (0,9% C) — 400, аустенит (0,9% C) — 155, мартенсит (0,9% C) — 720, цементит — 820

Температура тепловой обработки главнейших марок углеродистой инструментальной стали, изготовляемой в СССР. [1])

Завод	Марка	Содержание углерода в %	Температура тепловой обработки
„Электросталь"	ЭУ6	C = 0,55 – 0,69	Ковка 1100 – 825°. Отжиг 730°. Закалка 800 – 820° в воде.
	ЭУ7	C = 0,70 – 0,79	Ковка 1100 – 825°. Отжиг 750°. Закалка 770 – 790° в воде.
	ЭУ8	C = 0,80 – 0,89	Ковка 1050 – 775°. Отжиг 750°. Закалка 755 – 765° в воде.
	ЭУ9	C = 0,90 – 0,99	Ковка 1000 – 775°. Отжиг 750°. Закалка 755 – 765° в воде.
	ЭУ10	C = 1,00 – 1,09	Ковка 1000 – 775°. Отжиг 770°. Закалка 770 – 790° в воде.
	ЭУ11	C = 1,10 – 1,19	Ковка 1000 – 775°. Отжиг 770°. Закалка 760 – 780° в воде.
	ЭУ12	C = 1,20 – 1,33	Ковка 1000 – 775°. Отжиг 770°. Закалка 750 – 770° в воде или в масле.
	ЭУ14	C = 1,36 – 1,49	Ковка 1000 – 775°. Отжиг 770°. Закалка 750 – 770° в воде или в масле
„Красный Путиловец"	Добрыня 6	C = 0,5 – 0,7	Ковка 1000 – 800° (конец ковки). Закалка 750 – 780° в воде.
	Добрыня 8	C = 0,7 – 0,9	Ковка 900 – 770° (конец ковки). Закалка 750 – 780° в воде.
	Добрыня 10	C = 0,9 – 1,1	Ковка 900 – 750° (конец ковки). Закалка 750 – 760° в воде.
	Добрыня 12	C = 1,1 – 1,3	Ковка 950 – 750° (конец ковки). Закалка 740 – 760° в воде.
„Большевик"	№ 6	C = 0,58 – 0,65	Ковка 1150 – 800°. Отжиг 810 – 820°. Закалка 790 – 800° в воде.
	№ 8	C = 0,77 – 0,84	Ковка 1050 – 750°. Отжиг 730 – 740°. Закалка 760 – 770° в воде.
	№ 10	C = 1,00 – 1,10	Ковка 1000 – 750°. Отжиг 720 – 730°. Закалка 770 – 780° в воде.
	№ 12	C = 1,18 – 1,28	Ковка 1000 – 750°. Отжиг 720 – 730°. Закалка 740 – 750° в воде.

[1]) Таблица составлена по данным заводов; поэтому указания различных заводов о тепловой обработке одинаковых сортов стали несколько отличаются друг от друга.

от состава. У хромистой стали устойчивость карбидов, содержащих хром, велика; поэтому при отжиге и закалке хромистой стали приходится нагревать ее выше чем углеродистую сталь. Специальные примеси замедляют скорость превращения кристаллов, вследствие чего про-

Температура отжига углеродистой стали

(по данным Am. Soc. of Steel Treating)

Содержание углерода в %	Температура
— 0,12	875—925°
0,12—0,29	840—870°
0,30—0,49	815—840°
0,50—1,00	790—815°

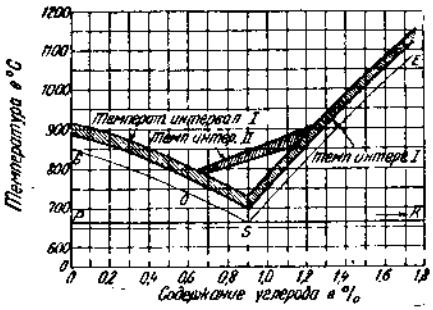


Рис. 112.

должительность нагревания при отжиге специальной стали больше, чем углеродистой.

Продолжительность отжига определяется, помимо сорта стали, также величиной отжигаемых деталей; она не должна быть особенно велика, т. к. иначе, помимо роста зерна, может произойти еще обезуглероживание поверхностного слоя деталей. Чтобы избежать обезуглероживания, детали при отжиге закладывают в ящики с мелкой чугунной стружкой. В последние годы за границей появились отжигательные печи с подводом восстанавливающих углерод газов, напр., светильного или генераторного газа.

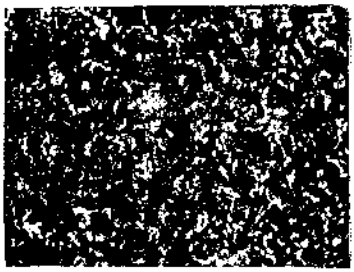


Рис. 113.

Отжиг быстрорежущей стали производят путем медленного и равномерного нагревания до 850—870° (в зависимости от состава, см. стр. 337), выдерживания при этой температуре и охлаждения (медленного) в печи, глине, инфузорной земле или в другом материале, который обеспечивает медленное и равномерное охлаждение.

Влияние способа отжига на величину кристаллов. Чем меньше величина кристаллов, тем лучшими механическими свойствами обладает сталь; при малоуглеродистой стали главным образом увеличиваются вязкость и ударное сопротивление, при высокоуглеродистой — повышается предел текучести, сопротивление разрыву и удлинение. Величина кристаллов стали получается небольшой, если сталь быстро нагреть несколько выше температуры превращения железа α в железо γ (точка Ac_3 см. стр. 313), выдержать сталь при этой температуре короткое время и быстро охладить. На рис. 113 изображен шлиф (увелич. 60) стали (C = 0,48%, Si = 0,24%, Mn = 0,82%), правильно отожженной (наилучшая температура отжига 770°) — нагретой до 800° и охлажденной на воздухе, вязкой, с большим ударным сопротивлением $\rho = 15{,}9$ *кгм/см²*.

На рис. 114 представлен шлиф с тем же увеличением той же стали, но нагретой до 900° и медленно охлажденной; этот шлиф показывает, что кристаллы очень крупны и сталь перегрета и хрупка. Из этого примера видно вредное влияние высокого нагрева и медленного охлаждения на рост кристаллов, а значит и на хрупкость стали. Так как быстрое охлаждение влечет за собою внутренние напряжения, в настоящее время предпочитают при отжиге медленно охлаждать сталь, что вызывает, однако, крупное зерно; поэтому хорошим, но несколько кропотливым способом охлаждения, является следующий: детали охлаждают на воздухе до 700° (ниже этой температуры размеры кристаллов не меняются), а затем вновь помещают в печь, где они медленно остывают до комнатной температуры. В последние годы начали предпочитать впуск в печь холодного воздуха для охлаждения деталей до 650°, после чего впуск холодного воздуха в печь прекращается, и дальнейшее охлаждение деталей производится медленно вместе с печью. Такой способ часто применяется для отжига стальных отливок и поковок.[1])

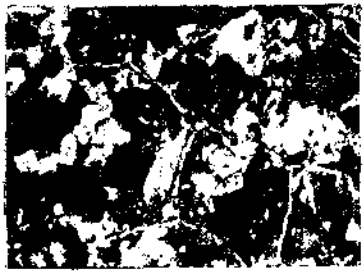


Рис. 114.

Отжиг листовой и ленточной стали (железа) с малым содержанием углерода, подвергнутой вытягиванию или холодной вальцовке и ставшей поэтому хрупкой, производится при 600—650°. Такой отжиг является наиболее употребительным; он устраняет наклеп и дает возможность продолжать дальнейшую обработку.

Исследованиями установлено, что между коэфициентом уменьшения сечения листа при холодной вальцовке или при волочении прутка и температурой отжига и величиной кристаллов существует тесная связь. Существуют „критические коэфициенты" уменьшения сечения и „критические" температуры, при которых получается особенно большой рост кристаллов. В особенности с этой точки зрения опасны для малоуглеродистой стали уменьшения сечения от 7 до 12% и температуры отжига *от 700 до 780°*. Если температуру отжига для деформированной предыдущей обработкой стали (с уменьшенным этой обработкой сечением на 7—20%) повысить до 700—780°, то вследствие рекристаллизации может возникнуть очень сильный рост кристаллов, который сделает сталь почти совершенно непригодной для дальнейшей обработки. При мягких сортах стали (железа) рост зерна может быть предотвращен, если перед отжигом сталь подвергнуть сильной деформации с уменьшением одного из размеров сечения по меньшей мере до 25—30%; в этом случае при всех температурах отжига, больших 600°, будет получена равномерная мелкокристаллическая структура.

Если после отжига охлаждать листовую сталь с малым содержанием углерода (от 0,035 до 0,1% С) со скоростью меньше 9 градусов в минуту, то, вместо выделения перлита, по границам кристаллов отложится цементит (*см. рис. 115*); *такой материал при вытягивании и загибании* будет разрываться, так как выделившийся цементит очень хрупок и не выносит деформации. Поэтому после нагрева при отжиге листовую малоуглеродистую сталь не следует охлаждать слишком медленно.

Отжиг инструментальной стали для улучшения обрабатываемости снятием стружки производят путем нагревания до температур в интер-

[1]) У тонкостенных быстро охлажденных стальных отливок отжиг может вызвать понижение сопротивления разрыву.

вале I по диаграмме (рис. 112) с очень медленным охлаждением в печи. Назначением такого отжига является получение зернистого перлита (рис. 116) (о других способах получения зернистого перлита см. ниже). Сталь с такой структурой отличается наименьшей твердостью, вязкостью и наилучшей обрабатываемостью режущим инструментом, так как мелкие точки цементита скользят вдоль лезвия инструмента, его не повреждая, лезвие же инструмента режет лишь мягкий феррит; при пластинчатом же перлите (рис. 106) обрабатывающему данную сталь инструменту приходится преодолевать большое сопротивление пластинок цементита. Чем выше содержание углерода, тем легче образуется зернистый цементит. Зернистый цементит, помимо придания стали лучшей обрабатываемости режущим инструментом, облегчает обработку стали давлением в холодном состоянии (так как сообщает стали вязкость).

Отжиг инструментальной стали для улучшения последующей закалки производится различным образом, в зависимости от того, какая

Рис. 115.

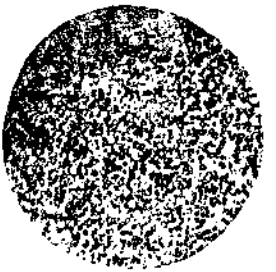


Рис. 116.

требуется закалка. Большей частью следует отжиг производить таким образом, чтобы получился зернистый перлит, так как он делает сталь менее чувствительной к перегреву и к закалочным трещинам и уменьшает глубину прокалки. Последнее свойство повышает вязкость закаленной стали, не уменьшая ее поверхностной твердости.

Если нужно после закалки получить наиболее глубокий закаленный слой и наиболее равномерную прокалку стали вглубь детали, то следует отжигать так, чтобы получился пластинчатый перлит, так как последний легче переходит при нагревании стали в твердый раствор и дает более высокую среднюю твердость.

Для получения зернистого перлита после отжига лучший способ состоит в закалке стали на тростит и на сорбит (т. е. не в острой закалке, например, с охлаждением в свинце при 350°) с последующим отжигом при 700° в течение 3—6 часов. В тех случаях, когда такая вспомогательная закалка невыполнима, например вследствие большой толщины детали, то отжиг следует производить при температурах интервала I (рис. 112) с последующим медленным охлаждением (10—20° в час). Зернистый перлит легче получить у высокоуглеродистой стали, чем у малоуглеродистой стали.[1])

---

[1]) Hanemann и Schrader указывают следующий способ получения зернистого перлита у стали с 1,17% C: нагреть сталь до 700° обычным порядком, с 700 до 710° со скоростью 4° в минуту и тотчас начать охлаждение со скоростью в 0,5° в минуту; после такой обработки получается почти полный переход пластинчатого перлита в зернистый перлит с сопровождающим его значительным понижением (до 25%) твердости материала.

Для получения пластинчатого перлита сталь следует нагреть до температурного интервала II (см. диаграмму рис. 112) и остудить на воздухе. Отжиг на зернистый перлит несколько дороже, чем на пластинчатый перлит. Поэтому его следует применять главным образом лишь в тех случаях, когда действительно требуется возможно меньшая хрупкость инструмента, например ножовочных полотен и пр.

Высокоуглеродистая сталь с содержанием 1—1,75% C (надэвтектоидная сталь) с цементитной сеткой должна быть перед закалкой отожжена, чтобы разрушить эту сетку, так как иначе закаленная сталь будет очень хрупкой. На рис. 117 изображен шлиф инстр. стали с 1,5% C с цементитной сеткой (ув. 250).

Для разрушения цементитной сетки отжиг производится путем нагрева до температурного интервала I диаграммы (рис. 112), т. е. до температуры, при которой цементит должен раствориться, с последующим охлаждением на воздухе. Другой способ [1]) состоит в нагреве до температур, лежащих между температурами образования перлита и температурами растворения цементита (т. е. между линией *SK* и *SE*), с последующим медленным охлаждением. Примером последнего способа отжига, при котором разрушается цементитная сетка, является отжиг стали с 1,1% углерода; сталь нагревается со скоростью 4° в минуту до 790° и затем охлаждается со скоростью 0,5° в минуту. Самым лучшим способом разрушения цементитной сетки является, однако, хорошая проковка стали одновременно с нагревом до температуры отжига.

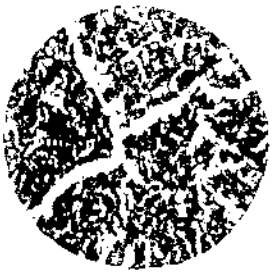


Рис. 117.

Продолжительность нагревания и выдержки при температуре нормализации.

Наибольшая толщина детали в *мм*	Приблизительный вес детали в *кг*	Продолжительность выдержки, часы	Продолжительность нагревания, часы
до 25	до 50	0,75	0,5
25—50	50—140	1,25	0,5
50—75	140—225	1,75	0,75
75—100	225—450	2,25	1
100—125	450—675	2,75	1
125—200	675—900	3,55	1,5

Нормализация стали. Под нормализацией стали понимают нагрев стали до температуры выше линия *GOS* (стр. 311) с последующим охлаждением в воздухе. После нормализации сталь получает более высокое временное сопротивление разрыву σ_b и предел текучести σ_s, чем после обычного отжига (с медленным остыванием в печи с несколько более низкой температурой по сравнению с нормализацией); сталь, однако, после нормализации получается более твердой.

Ниже приведена температура нормализации углеродистой инструментальной стали. Время нагревания и выдержки при температуре нормализации определяется размерами деталей. Приблизительная продолжительность нагревания указана в помещенной выше табличке [2]).

В виду своей дешевизны нормализация стали широко применяется,

[1]) Hanemann'a и Schräder'a.
[2]) По данным A S.T.M. A — 71 — 26.

в особенности для крупных поковок и прочих массивных изделий. После нормализации получается мелкий пластинчатый перлит.

Патентирование представляет собою процесс тепловой обработки стальной проволоки с содержанием углерода от 0,35% до 0,9%, заключающийся в быстром нагреве проволоки до температур выше кривой *GOS* и охлаждении в свинцовой ванне с температурой 370—540°. В результате патентирования получается сорбитообразная структура, вследствие чего достигается высокое временное сопротивление разрыву (σ_b может достигнуть до 350 *кг/мм*²) и вместе с тем достаточно высокое удлинение и поперечное сжатие. При патентировании критические температуры при охлаждении следует пройти очень быстро, иначе может образоваться крупнозернистый перлит.

Температура нормализации стали [1])

Содержание углерода в %	Температура нагрева
0,65—0,80	800—830°
0,80—0,95	800—815°
0,95—1,10	815—860°
1,10—1,25	860—900°

Травление после отжига имеет целью удалить окалину, образовавшуюся на металле вследствие окисления при отжиге. Ниже приводятся составы травильных ванн для некоторых материалов. Сталь (железо) лучше всего травится в возможно чистом от примесей *водяном растворе соляной или серной кислоты. Нержавеющая сталь* травится в 5% серной кислоте. Никель травится в 20% серной кислоте, нагретой до 60—80°. Нейзильбер травится в смеси разбавленных азотной и серной кислот при 60°. Медь—в 10% серной кислоте. Электрон — в составе из 15% бихромат калия, 20% концентрированной азотной кислоты, 65% воды.

3. ЗАКАЛКА.

Закалка инструментальной стали служит для создания твердости инструмента; закалкой поделочной стали пользуются для улучшения ее механических свойств. Углеродистую сталь закаливают обычно (для увеличения твердости) лишь начиная с содержания углерода 0,5% и выше, так как при меньшем содержании углерода увеличение твердости от закалки незначительно (см. стр. 240). Закалка достигается нагреванием стали до температуры выше кривой *GOSK* (стр. 311) и ее быстрым охлаждением.

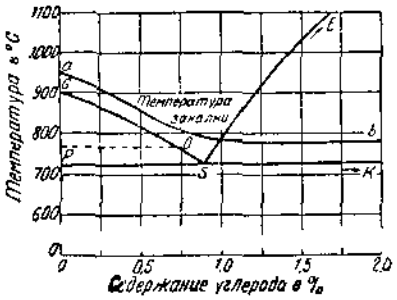


Рис. 118.

Температура нагревания при закалке зависит от химического состава стали. Для углеродистой стали температура закалки *должна лежать — в зависимости от содержания углерода — между* 730° и 800°, т. е выше точки Ac_3 у подэвтектоидной стали и выше точки Ac_1 у эвтектоидной и надэвтектоидной стали (см. стр. 313). Температура закалки зависит также от размеров изделия, — чем они больше, тем температура должна быть выше. На диаграмме (рис. 118) кривая *ab*

[1]) По данным *А.Б.Т.М. А—71—26.*

показывает температуры закалки стали для изделий средней величины, в зависимости от содержания углерода. Чем меньше углерода в стали, тем выше должна быть температура закалки. При высокоуглеродистой инструментальной стали (C=0,8% и выше) температуру следует выби-

Рис. 119.

Рис. 120.

рать возможно низшей, при которой еще происходит закалка, чтобы избежать перегрева стали. На рис. 119 изображен шлиф закаленной углеродистой стали (при увеличении в 300 раз), с содержанием 0,9% C, с очень *мелкозернистым бархатистым изломом*, нагретой до правильной температуры. На рис. 120 изображен шлиф (с тем же увеличением) для стали с 1,5% C, перегретой при закалке. В шлифе (рис. 120) хорошо различимы крупные иглы мартенсита, вкрапленные в массу аустенита, всегда дающие знать, что температура нагрева была слишком большой. Такая перегретая закаленная сталь мягче и хрупче правильно нагретой стали. Ниже в табличке показано влияние *температуры закалки на* твердость стали с содержанием 0,6% C.

Температура закалки углеродистой инструментальной стали

(по данным A.S.T.M.)

Содержание углерода в %	Температура закалки
0,65—0,80	840—790°
0,81—0,95	790—765°
0,96—1,10	777—755°
1,11—1,25	770—750°

	Не закалено	Температура			
		Малая	Правильная	Слишком высокая	
Температура закалки		750°	800°	900°	1000°
Твердость по Роквеллу . .	20	41	64	60	55

Специальные сорта стали закаливаются при высших температурах, чем углеродистая сталь—от 760 до 950°. *Сталь с небольшой* присадкою хрома или вольфрама закаливается при 790—850°. Сталь с высоким содержанием хрома, охлаждаемая при закалке на воздухе, нагревается перед закалкой между 950—1000° (при 12% Cr критическая точка Ac_1 лежит около 800°). Температуры закалки различных сортов стали см. на стр. 283—284, 316.

Определение наивыгоднейшей температуры нагрева при закалке данного сорта стали производится одним из следующих способов.

1. Небольшие бруски квадратного сечения определенного сорта стали насекают на половине их длины и нагре ают до разных температур, которые тщательно регистрируют для каждого бруска. После закалки бруски ломают по насеченному месту. Бруски с наиболее мелкозернистым изломом и наименьшей твердости соответствуют наивыгоднейшей температуре закалки (способ Миткальфа).

Определение температуры нагрева по калильным цветам.

Калильные цвета	Температура
Начало темнокрасного каления .	650°
Темнокрасное каление	700°
Вишневокрасное каление	800°
Яркокрасное каление	900°
Красноорансжевое каление . .	1000°
Оранжевое каление	1100°
Желтое каление	1200°
Белое каление	1300°

2. Способ, основанный на понижении температуры стали при достижении ею критической температуры: на раскаленном светлокрасном кончике инструмента появляется темнокрасная полоска, которая будет перемещаться к наиболее толстой части инструмента, где сольется с окраской менее нагретой части инструмента. Появление такой полоски служит признаком, что сталь достигла своей критической температуры, когда железо α переходит в твердый раствор, и что ее можно закаливать.

3. Способ, основанный на немагнитности твердого раствора (и железа γ): если к нагреваемой стали на соответствующей державке подвести магнитную стрелку, то до критической температуры стрелка будет притягиваться сталью, когда же при дальнейшем нагревании магнитная стрелка перестанет притягиваться сталью, то это служит признаком, что критическая температура достигнута и сталь можно закалить.

4. Способ, основанный на свойстве стали при достижении ею критической температуры и при переходе перлита в твердый раствор менять свои размеры — несколько сокращаться. На этом свойстве основаны принципы конструкции дилатометров — приборов, сигнализирующих о достижении критической температуры стали на основании изменения размеров закаливаемого предмета. На рис. 121 изображена кривая удлинения стержня из стали с 0,9% C длиною 100 *мм* при нагревании.

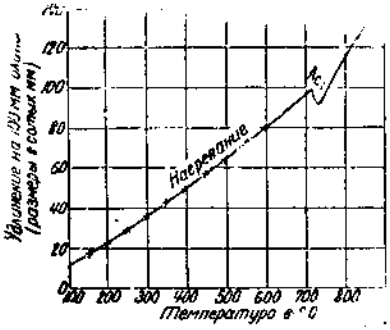


Рис. 121. Изменение длины прутка $l = 100$ при нагревании для закалки.

5. Способ, основанный на свойстве раскаленной поверхности стали при достижении критической температуры внезапно освобождаться от окалины. Окалина в этот момент спадает с поверхности, что можно обнаружить

простым глазом; в этот момент *сталь следует переносить в охлаждающую жидкость.*

Проще всего, однако, на практике измерять температуру печи или ванны точными пирометрами и нагревать изделия до температур, предписанных заводом, изготовившим этот сорт стали.

Способы нагревания при закалке. *Наиболее употребительна для* нагревания муфельная печь с подогревом нефтью, коксом и электричеством. [1]) Газ для нагревания печей очень удобен, так как позволяет удобно регулировать температуру горения, но применим лишь там, где имеются газогенераторы. Очень употребительны для нагревания инструмента также соляные и свинцовые ванны. Нагревание на горне применяется главным образом для закалки резцов; инструменты и детали более сложной формы, вследствие неравномерности нагревания и невозможности точно *измерить температуру*, на горне легко испортить.

Холодные детали нельзя сразу помещать в самое горячее место печи. Детали и инструменты сложной формы, в особенности изготовленные из плохо проводящей тепло быстрорежущей *вольфрамовой или хромоникелевой* стали (сталь вообще является довольно плохим проводником тепла), необходимо вначале подогревать (до 300—400°). При слишком быстром нагревании наружный быстро нагретый слой может быть перегрет, внутренние же слои недостаточно нагреты. Дугообразные трещинки *и обкалывание углов* у зубцов инструмента является признаком такого перегрева. Слишком продолжительное выдерживание при закалочной температуре также вредно и по действию аналогично перегреву. Детали неравномерной толщины следует *нагревать вначале до несколько* большей температуры, чем температура закалки, чтобы прогреть деталь до внутренних слоев. Перед погружением в охлаждающую жидкость деталь некоторое время остужают на воздухе, чтобы тонкие части детали достигли правильной температуры; таким путем можно избежать возникновения *сильных* внутренних напряжений, ведущих к трещинам при закалке. Заготовки инструментов больших размеров и сложного профиля перед закалкой следует отжигать для устранения внутренних напряжений, вызванных предыдущей *обработкой (обрубка, обдирка и пр.), так* как иначе также могут появиться трещины при закалке. Предварительный отжиг уменьшает изменение размеров и коробление при закалке.

Предохранение инструмента от обезуглероживания при нагревании — для инструментов с тонкими выступающими частями — метчиков, мелких фрез, резьбовых калибров и пр. *производят путем заключения* инструмента в железные или чугунные ящики, где инструмент пересыпается порошкообразным древесным углем или смесью древесного угля с обожженным песком (в отношении 1 : 1). Из ящиков нагретый до нужной температуры инструмент погружается непосредственно в охлаждающую *жидкость (науглероживания* поверхности инструмента углеродом от угля можно не опасаться, так как уголь передает углерод стали лишь при температурах выше 1000°). Для устранения обезуглероживания за границей начали пользоваться закалочными *печами с герметически закупоренным* муфелем, наполненным газом, нейтральным для стали (азотом или водородом).

Если нагревание ответственного режущего инструмента ведут на открытой подовой печи, то можно предохранить инструмент от обезуглероживания *обмазыванием* выступающих кромок мазью, состоящей из

---

[1]) В последние годы начинает применяться нагревание деталей перед закалкой при помощи электрического тока, пропускаемого через деталь; этот способ выгодно применять для деталей, которые должны прокаливаться насквозь, так как деталь прогревается изнутри к наружным слоям материала.

5 частей порошкообразного мела, 2 частей желтой кровяной соли и 1 части поваренной соли. Смешав порошки, их разводят водой до тестообразного состояния и смазывают этим составом выступающие части слегка подогретого инструмента перед его окончательным нагреванием для закалки.

Критическая скорость охлаждения при закалке представляет собою такую скорость охлаждения, при которой получается полная закалка (чистый мартенсит). Наименьшую величину критическая скорость имеет у стали с $\approx 0{,}9\%$ углерода (эвтектоидная сталь), при уменьшении и увеличении содержания углерода она возрастает, — особенно быстро для малоуглеродистой стали.

В приведенной справа табличке[1]) указана необходимая скорость охлаждения для такой закалки с температуры нагрева в 720°. Критическая скорость зависит главным образом как от содержания углерода и химического состава стали вообще, так и от температуры закалки для высокоуглеродистой стали. Так, при $C = 0{,}89\%$ и t закалки 875° скорость охлаждения снизится против указанной в табличке до 150°.

Критическая скорость охлаждения стали при закалке.

Содержание углерода в стали в %	Скорость охлаждения, градусы в сек. при 720°
0,25	600°
0,45	220°
0,75	170°
0,89	170°
0,96	170°
1,24	250°

Охлаждающие вещества при закалке. В зависимости от сорта стали и формы инструмента или детали закалка стали производится при помощи жидкостей (вода, холодная или горячая, масло, ворвань[2]) и т. п.), воздуха или металла (чугунные плиты). Энергичность охлаждения зависит главным образом от теплоты парообразования и лишь затем от теплопроводности, теплоемкости и густоты охлаждающего вещества; она становится более интенсивной с увеличением этих факторов (кроме густоты, с увеличением которой энергичность охлаждения падает).

Охлаждающая способность при закалке главнейших веществ характеризуется следующими данными: наиболее остро закаливает дождевая вода с разными примесями, затем вода при температуре 20°, вода при 50°, ртуть, жидкие масла, густые масла, кипящая вода, расплавленный свинец. Если скорость охаждения металла водой при $t = 20°$ принять за 1, то скорость охлаждения[3]) водой при $t = 50°$ равна 0,77, при охлаждении водой при $t = 100°$ равна 0,37, ртутью при $t = 20° — 0{,}37$, расплавленным свинцом при $t = 355° — 0{,}15$, сурепным маслом — 0,13.

К охлаждающим жидкостям для закаливания стали, охлаждающим быстрее воды, принадлежит целый ряд составов, являющихся обычно водяными растворами. Так, например, 5% натриевая щелочь при закаливании прутка (0,96% C) ∅ 12 *мм* охлаждает до 20° наружную поверхность в 0,31 сек., ядро — в 7,8 сек., в то время как водопроводная вода охлаждает поверхность в 1,2 сек., ядро — в 8,6 сек.[4])

---

[1]) Tr. Am. Soc. St. Treating, 1930, June; Исследов. French'a.

[2]) Ворвань является хорошей закалочной жидкостью, однако имеет тяжелый запах, устраняемый прибавлением около 3% тяжелого машинного масла.

[3]) По данным опытов Лешательье и Бенедикса.

[4]) H. I. French и T. E. Hamill, Bureau of Standards Journal of Research, 1929, стр. 892.

Для углеродистой стали или стали с малым количеством примесей, при содержании углерода до 0,4%, *для деталей всех величин пригодна* вода. Для специальной стали всегда, а для высокоуглеродистой стали — для деталей сложного *профиля, следует применять масло.* Если при высокоуглеродистой стали требуется особо высокая твердость инструмента или детали, то *применяется вода. Из сортов* масел чаще всего применяют сурепное масло. Дождевая вода по своей чистоте является лучшей, так же, как и кипяченая *вода; колодезная* и речная вода (в зависимости от чистоты) содержит часто вредные примеси, поэтому ее лучше не применять.

Детали, от которых не требуется особенно большой твердости, но *которые зато должны обладать* упругостью, — как, например, зажимные гильзы патронов, пружины, большие штампы и т. п., или которые очень *тонки, как, например,* небольшие пилы, — такие детали охлаждаются в масле или сале или в горячей воде. Промежуточную твердость между *получаемой от охлаждения* в воде и охлаждения в масле можно получить закаливанием в воде, на которой плавает слой масла, толщиной около *20 мм, смачивающий инструмент* при опускании его в воду. Таким путем закаливают клинки ножей, штампы и пр.

Некоторые специальные сорта хромо-никелевой и хромистой стали с большим количеством примесей не выносят полной закалки в воде; поэтому их охлаждают в воде только до 400°, т. е. до потемнения, а затем переносят для окончательного охлаждения в масло.

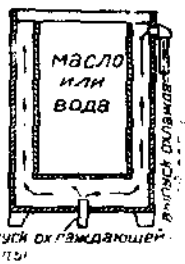


Рис. 122.

Для охлаждения быстрорежущей стали и некоторых сортов специальной стали с большим количеством примесей применяется струя сжатого воздуха.

Жесткую воду применять не следует. Вода, бывшая в употреблении долгое время, закаливает хорошо и равномерно, так как из нее уже выделились все вредные примеси. Охлаждающую способность воды можно несколько увеличить прибавлением в воду щелочи, поваренной соли или серной или соляной кислоты (до 3%). Вода с 3% серной кислоты дает возможность получать после закалки инструмент и детали чистыми и блестящими. Такие охлаждающие ванны иногда применяются для разверток и сверл, которые не полируются после закалки. Изделия с чистой поверхностью после закалки можно получить также при нагревании их при закалке в соляных ваннах. Прибавление в воду соды несколько смягчает закалку; кроме того, содовая вода, оставшаяся на инструменте, не вызывает ржавчины. Добавление в воду известкового молока смягчает закалку. Мыльная вода почти вовсе не закаливает.

Для равномерности закалки при большом количестве инструмента нужно применять приспособления, охлаждающие воду или масло, чтобы температуру их держать постоянно в пределе от 16 до 20°. Для той же цели баки с жидкостью должны быть достаточно больших размеров.

На рис. 122 изображен масляный бак (пригодный также и для воды) с охлаждением проточной водой; применяются также водяные и масляные баки с водяным охлаждением при помощи змеевиков и пр.

Закалка в холодной или ледяной воде не применяется, так как, не придавая особого повышения твердости по сравнению с водой при 20°, она вызывает чрезмерную хрупкость изделий и часто вызывает трещины при закалке.

В зависимости от величины деталей можно применять для одного и того же сорта стали разные охлаждающие вещества, так как при прочих

равных условиях скорость охлаждения получается тем большей, чем меньше деталь, в связи с чем критические скорости могут быть достигнуты при малых размерах деталей даже и в жидкостях, дающих обычно для больших деталей слабую закалку.

Способ охлаждения при закалке. Нагретые до закалочной температуры детали клещами переносят из печи в охлаждающую жидкость. Клещи должны покрывать возможно меньшую поверхность детали, чтобы избежать на ней мягких мест после закалки. На рис. 123 изображены правильные клещи, на рис. 124 — неправильные, закрывающие большую поверхность детали.

Рис. 123.

Рис. 124.

Изменение размеров и коробление при закалке в значительной степени определяются способом *погружения закаливаемой детали в жидкость*. Детали со стенками неравномерной толщины должны погружаться вперед своей наиболее массивной частью. Детали с трубчатой внутренней полостью должны опускаться вниз по направлению ее оси. Очень важно после опускания в жидкость быстро двигать деталь в нужном направлении, чтобы устранить прилипание к поверхности изделия пузырьков пара, сделать равномерным охлаждение и избежать образования мягких мест. В помещенной ниже (на стр. 328) табличке изображены примеры для указания правильного способа погружения инструмента при закалке и способа колебания инструмента в жидкости.

Шарики и ролики для охлаждения могут не опускаться в жидкость, но вкатываться в нее по жолобу. Если нужно закалить лишь лезвие *инструмента, то инструменты погружаются вперед* этим лезвием; лишь после остывания лезвия в жидкости погружается все тело инструмента (во время охлаждения нужно колебать инструмент вверх и вниз, чтобы избежать резкой границы между закаленной и сырой частью детали).

Матрицы штампов для горячего штампования и головки молотков закаливаются струей воды из шланга на рабочую поверхность. Матрицы для волочения закаливаются струей воды, направленной через очко матрицы; чтобы предохранить от закаливания наружные части матрицы, *их обертывают* асбестом, обмазывают глиной или защищают железными щитками, изготовленными по размерам матрицы.

При закаливании больших изделий часто возникают трещины, если изделие остается в жидкости до полного остывания; поэтому в таких случаях рекомендуется остудить изделие только до 200—250°, так как опытом установлено, что трещины на больших деталях возникают от напряжений, появляющихся при низких температурах или при полном охлаждении. У инструментов малых размеров трещины от охлаждения возникают значительно реже, чем у больших инструментов и деталей. Для получения наивысшей твердости инструменты следует держать в жидкости до полного охлаждения.

Закаливаемые детали и инструмент не следует опускать на дно сосуда с жидкостью до полного их охлаждения, чтобы избежать мягких мест на их поверхности.

Новейшие исследования показали, что при закалке желательно дифференцировать скорость охлаждения на три участка температур: сначала охлаждать сталь быстро (со скоростью не ниже критической) до температуры 500—400°, затем — от 400 до 200° скорость охлаждения может быть снижена настолько, чтобы лишь не было явлений отпуска, и, наконец, с 200° и до комнатной температуры желательно медленное охла-

Способы охлаждения при закалке.

Детали	Правильно	Неправильно
Длинные детали (сверла, концевые фрезы, развертки, напильники)		
Цилиндрические изделия (цилиндрические фрезы)		
Дисковые детали (дисковые фрезы, дисковые пилы, пластины и пр.)		
Топоры		
Обжимки, штампы		
Матрицы		
Мелкие штампы		

ждение, так как при этом закаливаемое изделие меньше коробится и изменяет свои размеры и приобретает вязкость без ущерба для твердости.

Местная закалка, т. е. придание твердости лишь части поверхности инструмента, в то время как остальная часть остается мягкой, — достигается обмазыванием той части, которая должна быть мягкой глиной, обертыванием ее асбестом или—для крупных инструментов—надеванием на нее щитков из железа толщиной около 0,3 *мм*. Назначение этих щитков заключается в препятствовании образующимся парам охлаждающей жидкости отойти от закаливаемого изделия, чем и достигается мягкость этого участка поверхности инструмента. При работе со щитками на изделии не следует вести нагрев в свинцовых ваннах, так как попавший под щиток свинец при охлаждении может повести к местному взрыву. Для местной закалки применяются также различные мази, которыми обмазывают части инструмента остающиеся мягкими после закалки.

Закалка углеродистой стали с двойным охлаждением (по методу Льюиса) [1]. Если нагретую до закалочной температуры деталь высокоуглеродистой стали охладить в ванне, температура которой около 230°, [2] то деталь в течение нескольких минут после этого (5—15 минут) сохранит аустенитную мягкую структуру, а затем сделается твердой после превращения аустенита в мартенсит. Это свойство, приобретаемое сталью после закалки при охлаждении до указанной выше температуры, дает возможность в ряде случаев устранить появление закалочных трещин и коробление стали, в особенности для тонких деталей, поверхность которых велика по сравнению с их объемом, напр. ленточных пил, поперечных пил, медицинских инструметов и пр. Твердость стали, подвергнутой указанной выше тепловой обработке, соответствует твердости мартенсита ($H_B \approx 650$ кг/*мм*²).

Пользуясь указанным выше свойством стали, закалку тонких предметов можно производить следующим образом: нагреть изделие до закалочной температуры, погрузить для закалки в ванну с температурой около 230°, выдержать его в ванне от 5 до 30 сек., вынуть из ванны изделие еще в мягком состоянии (аустенитная структура), отрихтовать в течение нескольких (2—3) минут вручную молотком или под прессом без риска получить трещины и отложить в сторону (минут на 5), в течение которых закончится превращение аустенита в твердый мартенсит. После этого, если требуется, изделие следует опустить обычным порядком.

Следует заметить, что выбор температуры охлаждающей ванны, судя по опытам D. Lewis, определяет скорость превращения аустенита в мартенсит, а также величину кристаллов. Так, если температура охлаждающей ванны принята ниже 230°, то скорость превращения аустенита в мартенсит ускоряется (для стали с $\approx 0{,}8\%$ C), и правку на воздухе следует производить в более короткий промежуток времени. При относительно низкой температуре — во всяком случае при 100° и ниже, не удается получить аустенитную структуру в вынутом из ванны изделии (превращение в мартенсит происходит в ванне в течение до 30 секунд). При температуре охлаждающей ванны выше 230° аустенит теряет свою устойчивость (но все же детали после 30-секундного охлаждения можно вынуть из ванны еще в аустенитном состоянии), а при температуре в

---

[1]) D. Lewis Journal Iron and Steel Institute. 1923, 427.

[2]) Эта температура наиболее подходит, судя по опытам D. Lewis, для углеродистой стали с 0,79% C, 0,75 Mn, 0,229% Si, 0,010% P, 0,023% S и 0,09% Cr. Приведенные в тексте выводы относятся гл. образом к этому сорту стали, с которым экспериментировал D. Lewis.

315° и выше структура стали еще в ванне получается сорбитовой. В случае полной закалки на мартенсит кристаллы образовавшегося мартенсита получаются тем крупнее, чем выше была температура ванны (поэтому не желательно повышать ее выше 230°).

Конструирование закаливаемых деталей. Детали не должны иметь *острых углов, неравномерных тонких стенок, внезапных переходов* с большого сечения на малое. На рис. 125 указана правильная конструкция стального захвата,

Рис. 125.

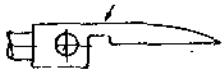


Рис. 126.

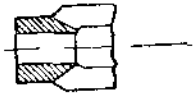


Рис. 127.

который *должен быть закален до выемки, необходимой по конструктивным* соображениям; если же изготовить деталь по рис. 126, то неизбежна трещина, в месте, отмеченном стрелкой. На рис. 127 изображена правильная конструкция передней части регулирующейся развертки; если же изготовить ее по рис. 128, то возможны трещина и откол в место,

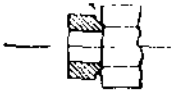


Рис. 128.

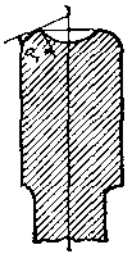


Рис. 129.

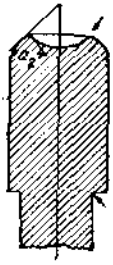


Рис. 130.

указанном стрелкой. *То же относится к правильной конструкции обжимки* по рис. 129 и неправильной по рис. 130.

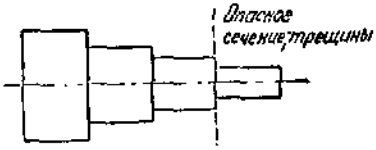


Рис. 131.

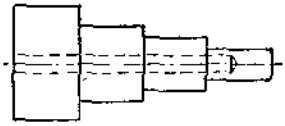


Рис. 132.

Для устранения трещин в длинных массивных частях следует сверлить отверстия (закрываемые пробками при закаливании) по их оси, так как напряжения в таких деталях возникают именно по их оси (ввиду различия в структуре сердцевины и наружных слоев материала и различия в их температуре при нагреве). На рис. 131 изображена деталь неправильной конструкции, при которой возможно откалывание при закалке передней части. На рис. 132 возможность такого откалывания устранена. На рис. 133 указана неправильная конструкция при дыре с уступом, так как внезапное изменение толщины стенки может вызвать трещины.

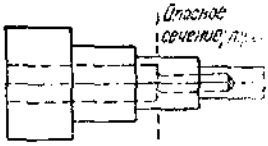


Рис. 133.

Коробление при закалке зависит от сорта стали, способа закалки и формы детали. На рис. 134 изображены для разных деталей кривые, определяющие в *мм* величину изменений некоторых размеров деталей в зависимости от величины деталей, их материала и способа закалки. Кривая *I* относится к хорошей стали, правильно закаленной, кривая *II* — к плохой стали, правильно закаленной, кривая *III* — к хорошей стали неправильно закаленной. Таким образом для успеха закалки безразлично, взята ли хорошая или плохая сталь, если калильщик не умеет

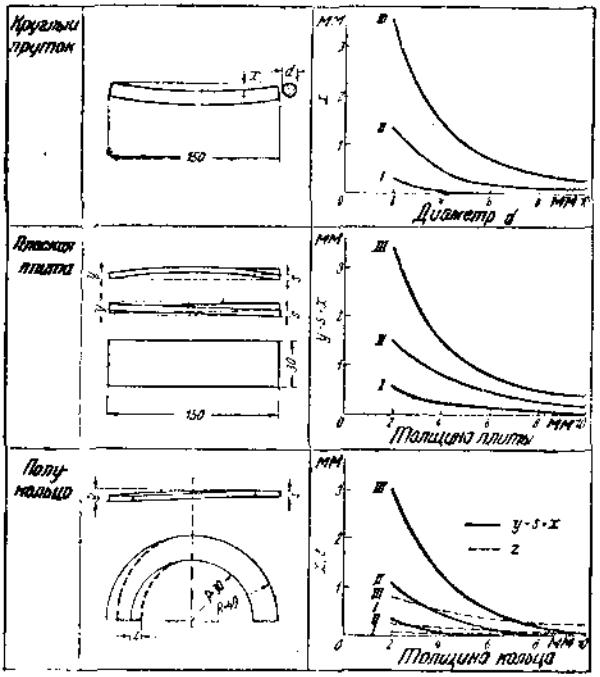


Рис. 131.

работать, потому что при этом все равно получается плохой результат. Под правильной закалкой понимается как равномерный нагрев до должной температуры, так и умелое захватывание щипцами, правильное погружение в жидкость и колебание в ней детали.

Перегретая сталь — сталь нагретая значительно выше критической температуры, при которой железо и цементит переходят в твердый раствор (напр. значительно выше точки Ac_3, для подэвтектоидной стали диаграммы железо-цементит) и выдержанная при такой температуре долгое время. Перегрев обнаруживается большой величиной кристаллов и хрупкостью стали. Он может быть исправлен правильно проведенным отжигом.

Пережженная сталь не может быть исправлена. Пережог стали возникает при высоких температурах, значительно превышающих нужные

для закалки или отжига температуры, и обнаруживается очень большой хрупкостью стали и очень крупным зерном. При пережоге — при высоких температурах — находящийся в печи кислород проникает внутрь стали вдоль границ между отдельными кристаллами (рис. 135 увелич. в 25 раз). Последние, таким образом, становятся окруженными окисью железа, вследствие чего металлические прослойки между кристаллами пропадают, и сталь становится такой же или даже еще более хрупкой, чем чугун. Величина кристаллов при этом может достигнуть 0,4 *мм*².

Увеличение твердости закаленных инструментов магнитным полем. В 1931 г. Гербертом, в развитие предыдущих исследований, был обнаружен следующий способ повышения твердости: закаленный инструмент из углеродистой или быстрорежущей стали нагревается до 100—200°, в зависимости от сорта стали (для быстрорежущей стали температура нагрева 150—200°), помещается между полюсами сильного магнита и медленно повертывается на 360°, после чего снимается с магнита. В ближайшие часы после этого твердость инструмента начинает изменяться, колеблясь вниз и вверх по сравнению с первоначальной твердостью. Это закономерное изменение твердости во времени должно быть зарегистрировано для данного сорта стали. В то время, когда твердость достигла наибольшей величины (что учитывается по времени, прошедшем после вращения в магнитном поле, напр. через 4—5 часов), инструмент, на этот раз без нагрева, снова кладется на электромагнит, на котором его оставляют лежать от 1 до 3 минут, таким способом удерживая и повышая достигнутую твердость.

Рис. 135.

Такой магнитной обработкой закаленного инструмента, судя по сообщениям Герберта, можно достигнуть чрезвычайно высокой твердости, значительно улучшая таким способом качество сверл, бритв, фрез и др. инструментов; при исследованиях Гербертом было получено увеличение твердости (с переводом на Бринелль) до 700—820 H_B. [1])

4. ОТПУСК. [2])

После закалки, для устранения вредных напряжений и для увеличения вязкости, изделия обычно подвергают отпуску. Интенсивность отпуска определяется желательной степенью вязкости; значительная вязкость, однако, может *быть достигнута только за счет уменьшения* твердости. Инструмент вообще должен иметь тем большую вязкость, чем в больших пределах изменяются во время работы действующие на него усилия.

Различные способы отпуска. a) Отпуск изнутри, т. е. при помощи оставшегося тепла внутри изделия, охлажденного лишь снаружи. Этот способ применим лишь для инструментов, имеющих несложные очертания или малую величину, как, напр., токарные и строгальные резцы, штампы и т. п., закаливаемые лишь с одного конца. Степень отпуска определяется по побежалым цветам.

b) Отпуск снаружи, т. е. путем вторичного нагревания совершенно охлажденного инструмента. Нагревание производится кипящей водой,

---

[1]) См. статьи E. G. Herbert в Am. Mach.: v. 74, стр. 125E; v. 74, стр. 967; v. 75, стр. 175E; v. 76, стр. 385.

[2]) Об отпуске быстрорежущей стали см. подробнее стр. 335.

раскаленными углями, газовым пламенем, нагретым до высокой температуры воздухом, горячим железом и т. п. Часто применяются песочные бани, когда требуется получение отчетливых побежалых цветов.

Такие предметы, как калибры и вообще измерительные инструменты, которые при наибольшей твердости должны быть свободны от вредных напряжений, являющихся причиной постепенного изменения их формы, отпускаются путем нагревания в масляных ваннах в течение многих часов при температуре 100—150° (см. главу о концевых калибрах).

c) Отпуск при температуре воспламенения масла — для достижения упругости пружин. Таким способом отпускаются преимущественно тонкие инструменты, нагреваемые до тех пор, пока не воспламенится приставшее к их поверхности масло (температура воспламенения тяжелых сортов масел около 350° С).

Инструменты из углеродистой стали отпускаются почти все без исключения. При нагревании до 200° твердость уменьшается еще мало, но зато приращение вязкости бывает очень заметным. Поэтому большинство режущих инструментов для обработки металлов отпускается до температуры 200°.

Средние значения температуры отпуска.

Температура отпуска	Инструмент
100—150°	Измерительные инструменты (нагревать от 10 до 100 часов, температура в зависимости от сорта стали).
180—200°	Все снимающие стружку инструменты из углеродистой стали для обработки металлов, как напр. токарные и строгальные резцы, сверла, фрезы, развертки, зенковки.
200—225°	Все переименованные выше инструменты в том случае, если они при работе подвергаются опасности излома, как напр., тонкие сверла, метчики, цилиндрические фрезы, мелкие плашки.
225—275°	Некоторые снимающие стружку инструменты сложного профиля из быстрорежущей стали.
250—280°	Инструменты для обработки дерева.
275—300°	Зубила, пружины, действующие ударом инструменты и пр.

Температура отпуска определяется или по побежалым цветам или при помощи приборов для измерения температуры (термоэлектрические пирометры, пирометры, основанные на зависимости электропроводность от температуры, в некоторых случаях просто ртутные термометры). Ртутный термометр применим лишь при отпуске в жидкостях (масло или соли) или песке.

Очень точных указаний относительно величины температур отпуска дать нельзя, так как они зависят от свойств применяемой стали, от про-

должительности отпускания, от формы и *назначения инструмента*, от действующих на него во время работы усилий и даже от мощности и состояния станка, на котором этот инструмент будет работать.

Побежалые цвета	Температура	Побежалые цвета	Температура
Светложелтый	225°	Фиолетовый	285°
Темножелтый	240°	Темносиний	295°
Светлобурый	255°	Светлосиний	310°
Бурый	265°	*Серый*	325°
Пурпурно-красный .	275°		

Для отпуска стали в металлических ваннах при разных температурах применяются следующие сплавы:

Составы сплавов для отпуска инструментов.

(Цифры обозначают число весовых частей в сплаве).

Температура плавления	Олово	Свинец	Висмут	Температура плавления	Олово	Свинец	Висмут
95°	3	5	8	194°	6	1	—
108°	3	8	8	200°	2	3	—
114°	1	2	2	215°	4	7	—
123°	1	1	1	221°	8	15	—
130°	4	5	4	231°,8	1	—	—
143°	7	8	4	238°	4	9	—
148°	9	8	4	246°	4	11	—
151°	5	8	4	252°	4	13	—
155°	11	8	4	261°	4	17	—
160°	4	4	1	271°,5	—	—	1
166°	6	7	2	272°	4	25	—
172°	12	15	4	282°	2	19	—
180°	3	1	—	29[illegible]°	2	31	—
188°	9	2	—	327°,5	—	1	—

Температура отпуска углеродистой стали в зависимости от *назначения* отпуска. [1])

Назначение отпуска	Жидкость для отпуска	Температура отпуска
Устранение напряжений	Масло	175—190°
Устранение напряжений и уменьшение хрупкости	„	200—260°
Устранение напряжений и увеличение вязкости	„	260—315°

[1]) По A. S. T. M. № 71 — 26.

5. ТЕПЛОВАЯ ОБРАБОТКА БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ.

Быстрорежущая сталь закаливается при значительно более высоких температурах, чем углеродистая сталь. Температура закалки б-стали должна быть возможно более высокой, достижимой без порчи инструмента — резцы из б-стали нагревают до оплавления их кромок. В зависимости от рода инструмента и сорта быстрорежущей стали применяют температуру нагрева при закалке в 1150 — 1350°. Обычный способ нагрева резцов из б-стали — медленно нагреть до 900 — 980°, а затем быстро довести температуру до 1200 — 1350° (в зависимости от сорта б-стали — по указанию завода, изготовляющего б-сталь).

Большинство сортов быстрорежущей стали при закалке следует нагреть до 1325° при выдержке при этой температуре в одну минуту. При белом калении, когда кромки резца начнут оплавляться, резец быстро переносят в струю сухого сжатого воздуха или в льняное масло (в зависимости от указаний производителя стали). Очень употребительны для нагревания резцов соляные ванны, в частности для окончательного нагревания — ванна из хлористого бария. Последний, однако, обезуглероживает поверхностный слой стали, делает его мягким после закалки. Тем не менее, если после закалки сошлифовать 0,2 *мм* с поверхности резца, то обезуглероживающим действием хлористого бария вполне можно пренебречь. Обезуглероживания можно также избежать путем прибавления буры в ванну с хлористым барием.

После закалки при температуре 1325° инструменты из быстрорежущей стали следует отпустить при $t = 550 - 600°$ (для получения так называемой „вторичной твердости") [1]

Если состав б-стали неизвестен, то ее следует отпускать при $t = 575°$, если известен, то в соответствии с указаниями завода-производителя. Отпуск следует выполнять путем полного прогрева инструмента при температуре отпуска с последующим охлаждением на воздухе. Практически продолжительность нагрева при отпуске в минутах равна числу миллиметров толщины инструмента. Твердость инструмента после отпуска зависит от температуры закалки и температуры отпуска. Влияние температуры закалки и температуры отпуска на твердость после отпуска изображено на диаграмме — рис. 136. Из диаграммы видно, что

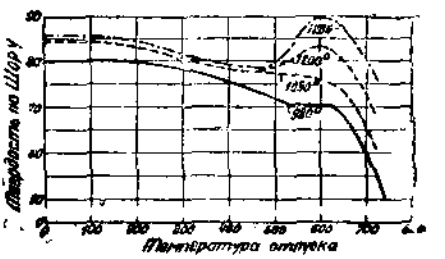


Рис. 136.

наивысшей твердости резца из б-стали можно достичь лишь при высокой температуре закалки (напр. 1280° на диаграмме) и высокой температуре отпуска (600° на диаграмме). Закалка без должного отпуска не даст хороших результатов для б-стали. По исследованиям, произведенным в лаборатории заводов ИОЗ, резцы из быстрорежущей стали (состава: $C = 0{,}52\%$, $Mn = 0{,}15\%$, $Si = 0{,}38\%$, $Cr = 4{,}8\%$, $W = 10\%$, $V = 0{,}27\%$, $S = 0{,}025\%$, $P = 0{,}23\%$) дают наивысшую производительность при закалке при 1350° с выдержкой при этой температуре

[1] Если резцы быстрорежущей стали не отпустить на „вторичную твердость", при работе на станках они откажутся работать (сядут) при нагревании уже при 400—450°.

в 1,5 минуты, охлаждении на воздухе, с последующим отпуском при 600° с пятиминутной выдержкой.

Если инструмент из б-стали имеет точную форму и не может быть нагрет при закалке до оплавления кромок (напр. фасонные резцы, фрезы, сверла и т. п.), то *его закаливают при меньшей температуре*, чем указано выше, в связи с чем не требуются производить отпуска для получения вторичной твердости. Закалку следует вести в этом случае следующим образом: в печи или соляной ванне инструмент медленно подогревается до 800—900°, переносится в другую печь с температурой — 1100 — 1200° и выдерживается при этой температуре до полного прогревания (время выдержки определяется размером инструмента и колеблется от 5 минут до 1 часа).

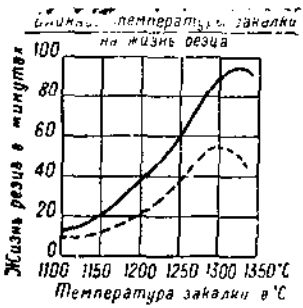


Рис. 137.

Если инструмент крупных размеров и в то же время *имеет мелкие выступающие части* (напр. зубцы), то нагрев следует вести так: после медленного подогревания до 700—800° *перенести в ванну с* 950 — 1000°, выдержать при этой температуре до полного сквозного нагрева и лишь после этого дать нагрев, указанный в таблицах для различных сортов б-стали (см. стр. 337), выдерживая при последней температуре инструмент лишь короткое время, чтобы прогрелись лишь зубцы инструмента.

После описанного выше нагрева инструмент можно охлаждать непосредственно в массе (t от 20 до 200°) или в струе воздуха. После охлаждения в масле *инструмент следует отпустить* для устранения внутренних напряжений, постепенно повышая температуру масла до 225 — 275°, с последующим охлаждением на воздухе. *При закалке после нагревания инструмент* также можно охлаждать в металлической или соляной ванне с температурой от 350 до 650° в зависимости от сорта быстрорежущей стали; при охлаждении инструмент нужно энергично двигать в ванне. После достижения температуры ванны инструмент вынимается из нее и окончательно охлаждается на воздухе; дальнейшего отпуска в этом случае не требуется.

Влияние температуры закалки на стойкость резцов от затупления (на жизнь резца) видно из диаграммы (рис. 137), составленной для постоянной скорости резания $v = 15$ *м*/мин. при подаче $= 2{,}12$ *мм*/об. и глубине резания в 3 *мм*. Сплошная линия диаграммы относится к быстрорежущей стали состава 18% W, 15% V, 2,5% Co (т. е. с очень *большим* количеством ценных примесей), пунктирная линия относится к б-стали с содержанием 18% W и 1% V. Высокая температура закалки необходима потому, что *лишь при высокой температуре закалки* достигается достаточная устойчивость твердости стали при высоких температурах отпуска. [1])

Тепловая обработка главнейших сортов б-стали, изготовляемых в СССР.

Сорта стали *Успех* и *Победа* [2]) *(Красный путиловец) куются после* медленного нагрева до 1150°. Ковка кончается при 900°. Отжиг производится при 850° с медленным охлаждением. Закалка производится пу-

[1]) Встречается обратное мнение — о вредности высокой температуры закалки б-стали вследствие обезуглероживания поверхностного слоя или его перегрева. См. напр. статью A. Geller, Am. Mach. 1931, p. 655.

[2]) *Химический* состав этих сортов стали и их применение см. стр. 288

тем медленного нагревания до 850° с быстрым доведением острия до белого сварочного каления и последующего быстрого охлаждения в сильной струе воздуха или в масле. Отпуск завод рекомендует производить при 500°.

Сталь ХВН [1]) N-ский завод рекомендует ковать в температурном интервале 1150—950°. Отжиг производить при 850—860° с медленным подъемом до этой температуры и очень медленным охлаждением (не более, чем до 350°). Закалка резцов обычным для б-стали способом с последующим отпуском при 540—550°. Фрезы закаливают при 1 150—1 175° в масле с последующим отпуском при 250 - 300°.

Сталь ЭМ2 [1]) (Электросталь) ковать при 1 175—925°, отжигать при 860°, закаливать при 1 150° в масле, отпускать при 200°.

Сталь ЭМ 1 [1]) ковать при 1 200—925°, отжигать при 860°, закаливать резцы при 1 325° в масле или струе воздуха, отпускать резцы при 575°. Фасонный инструмент закаливать при 1 150° в масле, отпускать при 200°.

Сталь ЭМ [1]) ковать при 1225—925°, отжигать при 860°, резцы закаливать при 1325° в масле или струе воздуха, отпускать при 575°, фасонный инструмент закаливать при 1 175° в масле, отпускать при 200°.

Сталь ЭМВ [1]) ковать при 1 200—925°, отжигать при 860°. Резцы закаливать при 1 300° в масле или в струе воздуха, отпускать при 600°. Фасонный инструмент закаливать при 1 175° в масле, отпускать при 200°.

Сталь ЭМК 5 [1]) ковать при 1 225—925°, отжигать при 860°. Резцы закаливать при 1 325° в масле или струе воздуха, отпускать при 600°. Сверла закаливать при 1 200° в масле, отпускать при 200°.

Сталь ЭМК 10 [1]) ковать при 1 250—925°, отжигать при 860°. Резцы закаливать при 1 350° в масле или струе воздуха, отпускать при 625°.

6. ЦЕМЕНТАЦИЯ.

Цементацией называется способ обогащения углеродом (карбюризация) поверхностного слоя изделий из мягкой стали посредством прокаливания их в различных отдающих углерод материалах.

Под цементацией понимают также обогащение поверхностного слоя аналогичным путем и другими элементами, кроме углерода: алюминием (алитирование, см. стр. 346), азотом (нитрирование, см. стр. 271), хромом (хромизация), цинком (шерардизация) и пр. элементами. Для упрощения же дальнейшего изложения под цементацией будет пониматься только карбюризация — обогащение поверхностного слоя углеродом.

При последующей закалке поверхностного процементированного (карбюризированного) слоя внутренняя часть изделия должна остаться мягкой и сохранить свою первоначальную вязкость.

Цементация производится:

1. Для получения твердой наружной поверхности, которая должна мало срабатываться при службе, изделие же при этом должно хорошо сопротивляться толчкам и ударам. Кроме того, иногда нужно, чтобы предмет легко поддавался обработке как внутри, так и снаружи, на непроцементированных частях (сверление отверстий, нарезание резьбы и пр.).

2. Чтобы избежать применения высокоуглеродистой стали, при закалке которой изделия больше коробятся и чаще раскалываются (для различных трудных для закалки инструментов, кондукторов, калибров и пр.)

3. Вследствие того, что мягкая подвергающаяся цементации сталь

[1]) Химический состав и применение см. стр. 289.

часто оказывается дешевле высококачественной стали с большим содержанием углерода.

Сталь для цементации. Для цементации вообще говоря может быть применен любой сорт вязкой стали с малым содержанием углерода. Содержание углерода должно быть меньше 0,25%, так как иначе сталь делается слишком хрупкой. Материал должен быть чистым, т. е. как можно меньше содержать серы, фосфора и кремния. Поэтому обычно берут не простые сорта машинной стали, но сорта, специально предназначенные для цементации.

Так как сталь с малым содержанием углерода имеет сравнительно малую прочность, то там, где последняя должна быть больше, иногда применяют для цементации специальные сорта стали, главным образом никелевые и хромоникелевые. В тех случаях, когда при закалке в масле нужно получать большую поверхностную твердость при вязком ядре, применяют для цементации сталь с довольно высоким содержанием марганца, но не выше 0,6% Mn, при не большем 0,15% содержании углерода. Для особенно ответственных деталей рекомендуется для цементации применять хромоникелевую сталь с 0,5 — 1,5% хрома и 1,5 — 4,5% никеля.

Специальные сорта стали для цементации имеют преимуществом высокий предел упругости, кроме того они менее склонны к образованию крупнокристаллической структуры, чем углеродистая сталь.

Никель замедляет цементированию, но вместе с тем и замедляет рост кристаллов; наоборот, хром, вольфрам, марганец и ванадий его ускоряют.

Цементирующие материалы. Большею частью применяются твердые (в виде порошка), иногда жидкие (см. соляные ванные), иногда же — газообразные материалы. Их действие в первую очередь основано на образовании окиси углерода, циана, газообразных цианистых соединений и легких углеводородов. Углерод в твердом виде оказывает слабое цементирующее действие.

Из твердых материалов обычно употребляются: древесный и костяной уголь, обугленная кожа, сажа — в чистом виде или смешанные с содой, известью, поваренной солью и пр. Древесный уголь лучше всего пригоден из орехового дерева или из березы (что несколько хуже), так как эти породы дают более прочный уголь; сосновый уголь менее пригоден, так как легче рассыпается в порошок. Крупинки угля для цементации должны быть ∅ 5 — 6 *мм*.

Лучшим порошкообразным материалом для цементации считается смесь из 60% древесного угля и 40% углекислого бария. Хорошие результаты дает древесный уголь с желтой кровяной солью.

Однако существует много и других рецептов различных цементирующих составов, представляющих собою в различных пропорциях смеси вышеуказанных материалов; почти каждый завод применяет свои составы. В виде примера можно указать на следующие цементирующие смеси для мартеновской стали: 1) 2 части порошкообразной желтой кровяной соли, 1 часть кальцинированной соды, 3 части порошкообразного древесного угля. 2) 5 частей растолченного древесного угля, 3 части мелкой поваренной соли, 2 части обугленной кожи. 3) 3 части порошкообразного мела, 4 части измельченного в порошок рога, 2 части костяной муки, 2 части измельченной в порошок обугленной кожи и 2 части кальцинированной соды.

Из газообразных материалов чаще всего применяют светильный газ, затем ацетилен (ацетиленово-кислородное пламя); из солей в расплавленном виде применяются цианистые соединения.

Хорошо цементирующий материал должен быть:

1. Дешев и экономичен в работе.

2. Совершенно безвреден по отношению к стали (не отдавать ей серы, фосфора, водорода и пр.).

3. Он должен действовать достаточно энергично, но все же не слишком сильно, чтобы не было заметно резких переходов между науглероженным и ненауглероженным слоями.

Цементирование ведут следующим образом. Изделия кладутся в чугунные или железные ящики и со всех сторон плотно упаковываются в цементирующий материал, который утрамбовывается слоями от 15 до 50 *мм*; ящики закрываются крышкой, которая тщательно обмазывается глиной для предохранения от доступа воздуха (иногда для цилиндрических длинных предметов — напр. шпилек — вместо ящиков применяются железные трубы). Ящики ставятся в печь и прокаливаются в течение довольно долгого времени—в зависимости от величины изделий, температуры печи, свойств цементируемой стали и толщины науглероживаемого слоя.

Науглероживаемый слой должен приблизительно содержать от 0,9 до 1,2% углерода и быть толщиною 0,5—2 *мм*, в зависимости от величины изделия и предъявляемых к нему требований; этот науглероживаемый слой, как было сказано, должен постепенно переходить в ненауглероженное ядро изделия. [1] Наивыгоднейшая для этого температура и время нагрева зависят от рода стали и цементирующего материала. Она не должна быть слишком высокой, но все же такой, чтобы перлит мог перейти в твердый раствор (см. стр. 313). Для этого следует придерживаться температурного интервала между 800—900°. Повышение температуры цементации выше 900° нецелесообразно, так как ведет к увеличению роста кристаллов.

Время прокаливания, обычно измеряемое несколькими часами, должно быть тем больше, чем толще должен быть науглероженный слой. Не рекомендуется уменьшать срок цементации путем повышения температуры. Род пламени в печи влияет на протекание цементации; так, пламя с избытком воздуха (кислорода) ее замедляет, восстановительное же, с избытком окиси углерода и углеводородов, наоборот, ее ускоряет и удешевляет, даже несмотря на тщательную упаковку изделий.

Покрывая части изделия глиной, асбестом и тому подобными материалами, накладывая на них железные пластинки, надевая на них кольца или покрывая их медью при помощи гальванопластики, можно предохранить эти части от цементации.

Иногда же после цементации перед закалкой удаляют при помощи обработки на токарном, строгальном или фрезерном станке тонкий наружный слой материала с тех частей изделия, которые не должны быть особенно твердыми.

Последующая тепловая обработка после цементации может иметь две задачи:

1. Устранить ту хрупкость, которую материал приобрел благодаря прокаливанию при высоких температурах.

2. Закалить науглероженный слой изделия.

Эти задачи разрешаются одним из следующих способов.

I. Непосредственно из цементационного ящика раскаленные изделия

---

[1] Никель в качестве специальной примеси к стали способствует постепенному переходу науглероженного слоя в ненауглероженный, хром, вольфрам, марганец, ванадий, наоборот, переход этот делают более резким.

погрузить в воду или масло в зависимости от величины изделия и его материала. Такой способ пригоден лишь для деталей второстепенного качества, так как температура цементации выше температуры закалки, следствие чего изделия получаются перегретыми.

II. Изделия остудить медленно в цементационном ящике, после чего закалить при температуре 760—780°. Такой способ пригоден для деталей сложной формы, которые не должно сильно повести при закалке. Его недостатком является крупное зерно в сердцевине детали.

III. Изделие медленно остудить или отжечь в течение 1 часа при температуре между 600—650° с охлаждением в печи или вместо этого отжига провести промежуточную закалку с нагревом до 850—900° с охлаждением в масле. После отжига (или промежуточной закалки) окончательно закалить при 760—780°. После такой тепловой обработки ядро изделия имеет мелкую кристаллическую структуру и отличается поэтому хорошими механическими качествами.

Рекомендуемая тепловая обра

(по A. S.

Химический состав стали в %						Предваритель	
						A	
						Нормализация	
C	Mn	P	S	Ni	Cr	Температура нагрева	Охлаждение
		не более	не более				
0,10—0,25	0,30—0,60	0,045	0,05	—	—	900°	воздух
0,15—0,25	0,50—0,80	0,04	0,045	3,25—3,75	—	925°	воздух
≈ 0,17	0,30—0,60	0,04	0,045	4,50—5,25	—	900°	воздух
0,10—0,20	0,30—0,60	0,04	0,015	1,00—1,50	0,45—0,75	925°	воздух
0,10—0,20	0,30—0,60	0,04	0,04	1,50—2,0	0,90—1,25	925°	воздух
0,20—0,30	0,30—0,60	0,04	0,04	3,25—3,75	1,25—1,75	—	—
0,15—0,25	0,50—0,80	0,04	0,04	—	0,80—1,10	900°	воздух

IV. Изделия непосредственно из цементационного ящика закалить, после чего вторично нагреть до 765—800° и закалить в воде или масле в зависимости от величины изделия. При специальной стали следует применить закалку в масле, если изделия не слишком велики. При помощи вторичной закалки частично устраняется влияние перегрева наружного слоя детали, но не совсем. Следует также иметь в виду, что, как при всякой закалке стали, вторичная закалка влечет за собой опасность возникновения закалочных напряжений, трещин и откалывание поверхностного слоя.

V. Изделия закалить непосредственно из цементационного ящика, затем отжечь при 580—650° в течение одного часа с последующим медленным охлаждением, после чего окончательно закалить. Этот способ является наилучшим — он придает стали вязкость и мелкозернистость. Его применение следует рекомендовать также и потому, что на практике всегда следует считаться с возможностью превышения

температуры при цементации выше обычной, а также с возможностью образования надэвтектоидного (с содержанием углерода выше 0,89% С) поверхностного слоя. При медленном охлаждении непосредственно после цементации могла бы выделиться цементитная сетка, влекущая за собой хрупкость поверхностного слоя, при закалке же непосредственно после цементации по этому способу образование цементитной сетки предотвращено путем образования грубого мартенсита. Промежуточный отжиг переводит мартенсит в сорбитообразный перлит; в этой форме избыточный цементит безвреден для закалки стали.

Для получения пестрых (мраморных) поверхностей в водяную ванну подводится воздух при помощи погруженной на ее дно трубки с каким-нибудь пористым материалом на конце, так что воздух поднимается в воде вверх в виде мелких пузырьков.

Предметы больших размеров, которые повело при закалке, можно выправить при легком нагревании.

ботка стали при цементации

Т. М.).

ная обработка (*A* или *B*)				Цементация		Последующая обработка				
B										
Закалка		Второй нагрев				Улучшение структуры		Закалка		
Температура нагрева	Охлаждение	Температура нагрева	Охлаждение	Температура нагрева	Охлаждение	Температура нагрева	Охлаждение	Температура нагрева	Охлаждение	Температура отпуска
900°	масло	595°	воздух	900°	печь	870°	масло	775°	рассол	205°
830°	масло	595°	воздух	900°	печь	830°	масло	745°	масло	165°
830°	масло	595°	воздух	885°	печь	830°	масло	745°	масло	165°
870°	масло	595°	воздух	900°	печь	845°	масло	760°	масло	165°
845°	масло	620°	воздух	900°	печь	845°	масло	774°	масло	165°
815°	масло	650°	воздух	885°	печь	855°	масло	760°	масло	190°
900°	масло	595°	воздух	900°	печь	885	масло	802°	вода	190°

Цементация на очень небольшую глубину небольших поверхностей (головок болтов и пр.) может быть достигнута без упаковки в ящики, просто действием ядовитого цианистого калия или неядовитой желтой кровяной соли. Для этой цели изделия нагревают до красного каления, посыпают порошком, снова накаливают, а затем охлаждают в воде.

Выше в таблице приведены рекомендуемые Американским о-вом испыт.-мат. режимы тепловой обработки деталей, предназначаемых для цементации. Следует учитывать, что режим для улучшения структуры следует выполнять применительно к размерам деталей и их форме (чем деталь больше и форма сложнее, тем мягче должна быть закалка).

Неудачи при цементации. 1. Откалывание поверхностного слоя, вызываемое чрезмерно большим содержанием в нем углерода. Причиной этого является чересчур быстрое возрастание температуры при цементации, вследствие чего науглероживание поверх-

ности происходит быстрее, чем проникание углерода вглубь изделия. В результате получается резкая граница между науглероженным слоем и сердцевиной; на этой границе при закалке возникают сильные напряжения, ведущие к трещинам и откалыванию поверхностного слоя.

2. Крупнокристаллический блестящий излом, вызывающий хрупкость цементированного и закаленного изделия, возникает в результате одной из следующих причин: а) Изделие закалено при слишком высокой температуре. Исправить его было бы можно отжигом при 580—650° и правильной закалкой (см. выше). б) Чрезмерное обогащение углеродом и образование цементитной сетки при медленном остывании. Исправить изделие можно нагревом до 900°, чтобы превратить цементитную сетку в твердый раствор и закалить при этой температуре, чтобы удержать цементит в распыленном состоянии, затем отжечь при 580—650°, после чего нагреть до закалочной температуры и закалить; после этой закалки излишний цементит не будет оказывать на изделие вредного влияния (хрупкость). в) Непостоянство температуры цементации, вызывающее чрезмерное науглероживание поверхностного слоя, так как после каждого понижения и повышения температуры при цементации обогащение углеродом сначала происходит лишь на поверхностном слое, и лишь некоторое время после повышения температуры до требуемой для цементации углерод начинает проникать вглубь. Поэтому, чем чаще в процессе цементации температура понижалась за нижний предел, после которого цементация приостанавливается, тем больший избыток углерода можно получить в поверхностном слое и тем беднее углеродом будут внутренние слои материала.

3. Мягкие места на поверхности изделия после цементации и закалки, вызываемые недостатком цементирующего материала, его засыпки в ящик (плохое соприкосновение его с изделием), недостаточностью времени или температуры цементации или неправильной закалкой.

7. СОЛЯНЫЕ И СВИНЦОВЫЕ ВАННЫ.

Соляные ванны применяются для охлаждения закаливаемых инструментов, для отпуска, для нагревания при закалке, для поверхностной цементации и для окрашивания поверхности деталей. В зависимости от назначения ванны подбирается ее состав. Соли для ванн должны быть технически чистыми и свободными от окислов и сернистых соединений, так как последние вызывают поверхностные трещинки и шероховатую поверхность деталей.

При работе с соляными ваннами получается большая быстрота нагревания, чем в обыкновенных печах, благодаря чему удешевляется работа. Вследствие отсутствия окалины требуется меньше затрат на чистку деталей — детали после нагревания в ваннах нужно лишь окунуть в горячий раствор каустической соды, после чего промыть в горячей воде. При работе с соляными ваннами необходимо лишь принимать меры предосторожности, чтобы не загрязнить ванну.

Детали нужно опускать в ванну сухими, кроме случая работы с цианистыми солями, где это не особенно важно.[1]) Накипь на поверхности ванны у стенок тигля, образующуюся от попавшего в ванну жира и грязи, нужно периодически удалять, чтобы устранить потерю тепла и порчу ванны.

Для тиглей для соляных ванн чугун мало пригоден, так как растворяется частично в солях, становится пористым и дает течи; кроме того от действия высоких температур в чугуне возникает рост кристал-

[1]) Если нужно получить муаровую поверхность, то в цианистые ванны погружают влажные детали; кроме того, при синении детали также погружаются в ванну сырыми.

лов. Лучше всего для тиглей применять прессованную или кованую мягкую сталь, поверхность которой желательно алитировать (см. стр. 346), алитированный поверхностный слой очень удлиняет срок службы тиглей.

Соляные ванны для нагревания инструментов перед закалкой наряду с преимуществами по сравнению с работой горна, пламенной или муфельной печи, имеют также и крупные недостатки. Так, большинство соляных составов нельзя нагревать выше 870° вследствие того, что они начинают при высоких температурах сильно улетучиваться; кроме того, большая часть составов обезуглероживает поверхностный слой закаливаемого инструмента. Преимуществом при нагревании в соляных ваннах является равномерное прогревание всех частей инструмента, даже если он вычурной формы, чего большей частью не бывает при нагревании в пламенных печах, а также предохранение от окисления кислородом воздуха поверхности инструмента в тот момент, когда инструмент переносится из ванны в охлаждающий состав или воду, так как соль в этот момент покрывает тонким слоем поверхность инструмента (особенно важно для резьбовых инструментов и калибров). Перед опусканием инструмента в нагревательную ванну очень полезно его предварительно подогреть в печи или в одном из упомянутых ниже составов, применяемых при отпуске — приблизительно до 500° (это уменьшает коробление инструмента после закалки). Наиболее употребительной соляной смесью для нагревания перед закалкой углеродистой стали является следующая: хлористый барий ($BaCl_2$) — 43%, хлористый калий (KCl) — 17% и хлористый натрий (поваренная соль — $NaCl$) — 40%. Эта смесь плавится при 655° и применяется в температурном интервале между 720 и 890°. Так как эта смесь жадно поглощает воду, ее нужно хранить в сосудах с герметической пробкой, а ванну, после прекращения пользования ею, прикрывать плотной крышкой, чтобы предохранить ее улетучивание и порчу. Если инструмент нагревать в этой ванне продолжительное время, то на поверхности его могут возникнуть мягкие места — на глубину до 0,1 *мм*, вследствие чего всегда нужно оставлять припуск на шлифование.

Для нагревания инструментов из быстрорежущей стали чаще всего применяется хлористый барий. Ванна с хлористым барием дает возможность получить температуру до 1300°. Недостатком хлористого бария является обезуглероживание им поверхностного слоя стали. Для уменьшения обезуглероживания в ванну следует прибавлять буру.

В последнее время за границей можно встретить применение вместо хлористого бария только буры. Последняя, однако, вследствие большого сопротивления току и разъедания шамота, может расплавляться лишь в железных тиглях с подогревом газом или нефтью. Достоинством такой ванны с бурой, во-первых, является возможность избежать дорогой установки электрической печи, во-вторых — полное отсутствие обезуглероживания поверхностного слоя.

Соляные ванны для охлаждения применяются в тех случаях, когда требуется закаливать чрезмерно хрупкие, подверженные трещинам, детали и когда от этих деталей не требуется особо твердой поверхности. Если скорость охлаждения закаливаемых деталей с 800° до 400° достаточно высока, изделие закаливается хорошо; дальнейшее охлаждение с 400 до 100° не должно быть особенно быстрым, иначе могут появиться трещины на деталях. Для этой цели пригодна ванна состава: азотно-калиевая соль (KNO_3) — 28%, азотисто-калиевая соль (KNO_2) — 27%, селитра ($NaNO_3$) — 25%, азотисто-натриевая соль ($NaNO_3$) — 20%. Эта ванна обладает большой теплоемкостью и небольшой вязкостью, с температурой плавления в 128°. Эта же ванна применяется

и для отпуска деталей до 220° (наибольшая температура пользования ванной не должна превышать 370°).

Соляные ванны для отпуска инструментов применяются, кроме указанной выше ванны, из сравнительно дешевых солей — калийной и натриевой селитры. Большей частью применяется состав: калийная селитра (KNO_3) — 32 части и натриевая селитра ($NaNO_3$) — 68 частей с температурой плавления в 240°, или же состав (KNO_3)—50% и ($NaNO_3$) — 50% с температурой плавления в 218°. Наиболее низкую температуру плавления 208° смеси KNO_3 и $NaNO_3$ имеет состав из 45% $NaNO_3$ и 55% KNO_3. Соляные ванны для отпуска пригодны лишь при наличии пирометрических установок для измерения температуры (термопара погружается в соляную ванну); при этих условиях отпуск инструментов получается более однородным, чем при оценке отпуска на глаз по побежалым цветам, так как побежалые цвета, представляющие собою окислы металла, меняют свою окраску не только в зависимости от температуры, но и от продолжительности нагрева. Поэтому по побежалым цветам можно сделать ложные заключения о температуре отпускаемого инструмента. При отпуске же в ваннах соляных, масляных или металлических, можно выдерживать при заданной температуре инструмент в течение 10—20 минут без опасения его перегреть и, таким образом, можно добиться одинакового его нагревания во всех его частях.

Составы соляных ванн для разных температур отпуска

Температура применения	Температура плавления	Состав ванн
180 - 540°	177°	50% $NaNO_3$ + 50% $NaNO_2$
225—540°	218°	50% $NaNO_3$ + 50% KNO_3
260—540°	232°	67% $NaNO_3$ + 33% KNO_3
260—700°	254°	78% KNO_3 + 22% $NaNO_3$
315—650°	310°	100% $NaNO_2$
346—650°	343°	100% KHO_3
632—900°	625°	50% NaCl + 50% Na_2SO_4
746—950°	741°	27% NaCl + 73% Na_2SO_4

Соляные ванны для цианирования. Цианированием называется процесс обогащения поверхностного слоя стальных изделий углеродом и азотом посредством погружения этих изделий в ванны из расплавленных цианистых солей. [1]) Преимущество цианирования в соляных ваннах перед цементацией порошкообразными веществами заключается в большей равномерности цементированного слоя во всех частях поверхности цементируемой детали, в особенности, если последняя имеет сложную форму, так как жидкость лучше соприкасается с деталью и прилегает к ее поверхности, чем порошок. Толщина цементированного слоя при цианировании в жидкости в редких случаях, однако, превосходит 0,35 *мм*, причем получение слоя такой толщины требует нагревания в ванне около $1^1/_2$ часов

[1]) На Западе имеется много патентов на состав цианирующих ванн, для каждого из которых подходит своя температура нагревания. Для распространенного в Германии состава (3 толщина цементированного слоя в 0,6 *мм* достигается при нагревании при 950° в течение двух часов. Для нового состава Сб при температуре в 930° в течение двух часов достигается толщина слоя в 1 *мм*, после четырех часов — 1,6 *мм* и после шести часов нагревания — 2 *мм*.

при 850°. Дальнейшее нагревание дает незначительное увеличение цементированного слоя. Большей частью соляные ванны состоят из чистого цианистого натрия и других натриевых солей. Часто применяется состав: цианистого натрия ($NaCN$)—75%, хлористого натрия (поваренной соли—$NaCl$)—12,5% и углекислой соли (Na_2CO_3)—12,5%. Ванна составляется сначала сплавлением и хорошим промешива нем последн х двух сол й, и лишь после этого к составу прибавляется цианистый натрий. Если уменьшить содержание цианистого натрия в составе, то последний с успехом можно применить для нагревания инструментов перед закалкой без опасения обезуглеродить их поверхностный слой. При применении соляных ванн с цианистыми соединениями следует помещать их в специальных железных кожухах с хорошим отводом газов, так как пары цианистых соединений, чрезвычайно ядовиты — разрушающим образом действуют на слизистые оболочки человеческого тела; в особенности следует остерегаться попадания цианистых соединений в желудок, так как желудочная кислота способствует образованию синильной кислоты, очень сильн го яда. [1])

Синение стальных деталей в соляных ваннах следует предпочитать синению в песке или на горячих металлических плитках, так как при синении в ванне получается большая однородность окраски.

Детали перед синением в ванне должны быть промыты в горячем растворе каустической соды, промыты в воде, а затем в разбавленной серной кислоте, после чего их нужно немедленно погрузить в соляную ванну требуемой температуры. При этом следует только принять меры предосторожности против разбрызгивания соли, так как детали погружаются в соляную ванну сырыми.

Свинцовые ванны очень употребительны как для нагревания инструмента из углеродистой стали при закалке, так и для отпуска инструмента из быстрорежущей стали. Для нагревания быстрорежущей стали при закалке расплавленный свинец не пригоден, так как начинает испаряться уже при 650°. Если нагреоать свинец значительно выше этой температуры, его испарение становится очень сильным. Пары свинца очень ядовиты, вследств е чего над ваннами должны быть устроены кожуха с вытяжкой. Свинец должен быть чистым, свободным от примеси серы. Перед погружением инструмента перед закалкой в расплавленный свинец инструмент нужно предварительно подогреть до 300—400°. При нагревании в свинцовых ваннах резьбовых изделий с малым шагом резьбы существует опасность застревания капелек свинца на резьбе при вынимании инструмента из ванны. Это может по ечь за собой мягкие места на инструменте. Чтобы избежать прилипания к инструменту капелек свинца, применяют смазывание инструмента пастой, состоящей из белил, разведенных на древесном спирту. Вместо спирта можно применить воду, но в этом случае паста должна высохнуть на инструменте перед погружением в свинец, иначе последний будет разбрызган парами воды. Другая паста, применяющаяся для этой же цели, имеет следующий состав: порошкообразная обожженная кожа — 1 часть, пшеничной муки — 1,5 части, мелкой поваренной соли — 2 части. Эти порошки смешивают, разбавляют водой до консистенции густой

---

[1]) Не только прием ничтожных количеств цианистого натрия и цианистого калия смертелен, но даже в вдыхание через нос или рот циан стой пыли смертельно. Одним из действительных предохраняющих средств от опасности отравления цианом является прием сахара за 1—1½ часа до работы с цианистыми солями; прием сахара, однако, нужно повторять через каждые 3—4 часа в время работы с цианистыми солями, если желают принять специальные меры предосторожности против этого яда.

кашицы, смазывают этой мазью инструмент, сушат после чего погружают в свинцовую ванну. Вместо обмазывания инструмента пастой для предохранения от прилипания свинца инструмент можно нагреть до темносинего побежалого цвета (300°) и погрузить в концентрированный водный раствор поваренной соли, после чего инструмент можно опускать в расплавленный свинец. Другим неудобством применения свинцовых ванн является необходимость удерживать щипцами инструмент от выплывания его на поверхность свинца, так как свинец тяжелее стали.

Алитирование (алюминизирование) — покрытие поверхности стальных деталей окисью *алюминия — производится для увеличения* сопротивляемости окислению стальных деталей при высоких температурах (до 1000°) и применяется для тиглей, ящиков для цементации и др. подобных предметов. Алитирование производится путем прокаливания стальных деталей в алюминиевых стружках или в специальных порошках. По исследованию Института металлов [1]) лучшей смесью для алитирования является состав: 49% ферроалюминия с содержанием 40—45% железа, 49% окиси алюминия и 2% хлористого алюминия; в этом составе следует про аливать подлежащие алитированию стальные детали при 900—1000° в течение 4—25 часов.

8. ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКЕ.

Для получения хороших результатов при закалке и отпуске необходимо производить измерения температуры, так как успех тепловой обработки главным образом зависит от правильности нагрева; самые лучшие сорта стали в особенности чувствительны к перегреву.

Температуры до 350° С (отпуск) можно измерять (только при пользовании жидкостями) обыкновенными ртутными термометрами; при этом особенное внимание следует обращать, чтобы не получилось сильного перегрева. *Иногда для этой же цели применяют специальные при*способления, автоматически прерывающие в нужный момент подвод тепла или дающие сигнал при достижении определенной температуры.

При более высоких температурах, необходимых для отжига или нагрева для закалки, о степени нагрева проще всего судить на-глаз по цвету раскаленной части; но этот чаще всего применяемый способ является в то же время и наименее надежным, так как целиком зависит от индивидуальности рабочего, от его уменья и опытности. Поэтому в хорошо оборудованной закалочной обязательно должны быть приборы для измерения температур. Чаще всего применяются:

1. Пирометры, устроенные на принципе зависимости электропроводности от нагревания. При пользовании в пирометре железными или никелевыми проволочками можно измерять температуры до 600°, при *применении платиновых проволочек — до 1000° С.*

2. Термоэлектрические пирометры, годные для всех встречающихся на практике случаев. На циферблате гальванометра, соединенного с термопарой, прямо отсчитываются температуры. При таких пирометрах часто также устанавливают (иногда в нескольких местах) самопишущие приборы для температуры.

Такие пирометры в действительности измеряют разницу температур между местом спайки проволок термоэлемента и клеммами гальванометра. Если эти клеммы не вполне предохранены от действия тепла печи и изменяют свою температуру с последней, то возможны ошибки в показаниях гальванометра. Для их устранения можно применить компенсационные провода. Хорошие результаты дает зарывание в землю

---

[1]) 1930 г., Вер и Агеев.

мест, где имеются клеммы. Для правильной работы пирометра, постоянно подвергающегося действию жара, необходима его регулярная проверка, так как защитительные трубки перегорают от высоких температур, а самые проволоки легко могут подвергнуться химическому действию газов. При пользовании пирометром для измерения температуры ванн следует в особенности защищать те места пирометра, которые проходят через поверхностный слой жидкости.

3. Оптические пирометры устроены по тому принципу, что при темных телах в полости с равномерно нагретыми стенками каждой окраске раскаленного тела соответствует определенная температура и что все тела в этих случаях при одинаковых температурах окрашиваются в одинаковый цвет. Измерения производятся либо путем сравнения цвета раскаленного тела с переменной яркостью другого источника света — обычно с раскаленной нитью лампочки накаливания, сила света которой регулируется изменением силы тока, который и измеряется (пирометр Гольборна и Кульбаума), либо путем сравнения с источником света неизменной яркости, ослабляемой прозрачным экраном (пирометр Ваннера). Эти оптические пирометры измеряют температуру раскаленных поверхностей (в печах, на инструментах), но не годятся для измерения температуры жидких ванн и для автоматического записывания. Кроме того, они неприменимы для определения температур ниже 650° С.

4. Пирометры, устройство которых основано на измерении излучений тех частей печи, температура которых определяется. Эти излучения собираются вогнутым зеркалом в фокус и 1) или действуют на термоэлемент, электровозбудительная сила которого измеряется милливольтметром, или 2) нагревают очень тонкую проволоку, электропроводность которой измеряют обычным способом. Такой пирометр, в противоположность оптическому, дает совершенно объективные отсчеты без всякой установки.

Такие пирометры, подобно оптическим, почти вовсе не подвергаются влияющим на показания внешним воздействиям, так как не соприкасаются с горячими частями печи. Они применимы выше 600° С в виде ручных и стационарных приборов.

Верхний температурный предел и приближенные значения напряжений наиболее употребительных термоэлементов в милливольтах для разности температур в 100° С.

Элемент	Верхний температурный предел	Напряжение для 100°	Элемент	Верхний температурный предел	Напряжение для 100°
Медь-константан . . .	500°	4,1	Никель-никелевая сталь	1000°	2,2
Железо-константан . .	900°	5,2	Никель-нихром . .	1100°	3,8
Хромоникель-константан	700°	5,6	Никель-уголь . . .	1200°	1,8
			Платина-родистая платина	—	—

Конуса Зегера представляют собою трехгранные пирамиды высотою ≈ 50 *мм*, служащие для наблюдения за изменением температуры

в печах. Состав материала для конусов Зегера подбирается таким образом, чтобы температура его размягчения точно соответствовала присвоенной данному номеру конуса; поэтому, например, если помещенный в печь конус начинает плавиться (вершина его начинает загибаться, вбок и коснется основания, на котором стоит конус), то это служит признаком, что в этот момент температура печи достигла температуры,

Температура плавления конусов Зегера.

№	Град. С	№	Град. С	№	Град. С	№	Град. С
022	600°	07a	960°	9	1280°	24 (29)	1650°
021	650°	06a	980°	10	1300°	25 (30)	1670°
020	670°	05a	1000°	11	1320°	26 (31)	1690°
019	690°	04a	1020°	12	1350°	27 (32)	1710°
018	710°	03a	1040°	13	1380°	28 (33)	1730°
017	730°	02a	1060	14	1410°	29 (34)	1750°
016	750°	01a	1080°	15	1435°	30 (35)	1770°
015a	790°	1a	1100°	16	1460°	31 (36)	1790°
014a	815°	2a	1120°	17	1480°	32 (37)	1825°
013a	835°	3a	1140°	18	1500°	33 (38)	1850°
012a	855°	4a	1160°	19	1520°	34 (39)	1880°
011a	880°	5a	1180°	20	1530°	35 (40)	1920°
010a	900°	6a	1200°	21 (26)	1580°	36 (41)	1960°
09a	920°	7	1230°	22 (27)	1610°	37 (42)	2000°
08a	940°	8	1250°	23 (28)	1630°	—	—

соответствующей температуре данного номера конуса Зегера. При установке в печи конуса не должны касаться пламени. С увеличением содержания силикатов в материале конусов увеличивается огнеупорность последних. Керамические материалы и изделия, температура плавления которых соответствует № 21, называются огнеупорными. Нумерация в приведенной выше таблице принята в соответствии с нумерацией, принятой Ленинградским фарфоровым заводом; в скобках указаны номера немецкой шкалы. В последнее время переходят к обозначению конусов Зегера тремя первыми цифрами их температуры плавления, например, конус № 8 может быть обозначен цифрой 125.

Достижимая температура в печах зависит от конструкции печи и способа нагрева. Небольшие коксовые печи с дутьем дают температуру до 1100° С, с нефтяными горелками температуру можно довести до 1700° С. В газовых печах простые горелки дают 700° С, печи с дутьем ≈ 1100°, газовые печи с дутьем при особо удачной конструкции — до 1700°. Небольшие кусочки металла в ацетиленовых горелках могут быть подогреты до 2500° С. Электрические печи, в зависимости от конструкции и примененных материалов, могут дать температуру от 1000 до 3000° С (о температурах горения см. стр. 133).

VII. ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ

1. МЕДЬ

Медь в чистом виде находит применение главным образом в электротехнике, так как медь является хорошим проводником электрического тока; в других областях промышленности ее применение — в чистом виде — довольно ограничено. Зато медь широко применяется в качестве составной части многочисленных сплавов.

ОСТ 308 установил следующие пять марок меди, в зависимости от чистоты сплава: М1 — медь с содержанием 99,9% меди, с количеством примесей не более 0,1%. Это очень чистая и дорогая медь, применяющаяся для получения особо высокосортных сплавов и для изготовления электрических проводов и кабелей; получается главным образом электролитическим путем. В виде катодов М1 должна содержать не менее 99,95% меди. М2—медь с содержанием 99,8% Cu, также дорогой и чистый сорт меди, может быть в виде катодов, полученных электролитическим рафинированием меди. М3 — медь с 99,7% Cu и количеством примесей не более 0,3%. Этот сорт так же, как и М4, применяется для изготовления медных труб, наконечников для труб, а также для изготовления медных сплавов, с содержанием меди выше 60%. М4 — медь с 99,5% Cu — применяется для изготовления топочных листов. М5 — медь с 99% меди, висмута не более 0,005%, сурьмы не более 0,01%, всех примесей — не более 1%, при малом содержании мышьяка применяется для изготовления медных сплавов с содержанием меди 60%, идущих на штамповки, отливки, сортовой фасонный прокатанный материал. При большом содержании мышьяка (однако не выше 0,5%, причем это количество может идти за счет содержания меди) М5 применяется для котельных связей, заклепок. Все перечисленные сорта красной меди относятся как к изделиям и полуфабрикатам, так и к штыкам (слиткам, предназначенным к переплавке), к вайрбарсам (слиткам, предназначенным для прокатки), к катодам и пр.

Механические свойства меди. Модуль упругости меди 12 100 — 12 300 *кг/мм²*. Сопротивление разрыву и удлинение сильно зависят от предварительной обработки меди. Вальцованный или волоченый брусок отожженный при 600° в течение одного часа, должен иметь $\sigma_b = 22$ *кг/мм²* $\pm 10\%$ и удлинение $\delta = 40—60\%$ при измеряемой длине $l = 10$ Сопротивление разрыву несколько выше для тонких листов, лент и проволоки, температура отжига которых не должна быть слишком высока (см. ниже об отжиге меди). Для прутков красной меди, применяющихся для изготовления заклепок и котельных связей, ОСТ 681 установил временное сопротивление разрыву 22 *кг/мм²* при относительном удлинении не менее 35%; допускается снижение σ_b до 21 *кг/мм²*, при условии одновременного повышения относительного удлинения на 0,2% на каждые 0,1 *кг/мм²* понижения σ_b. Этот же ОСТ 681 требует, чтобы при загибе прутков на 180° вплотную в холодном состоянии не было признаков разрушения, так же, как и при осадке образца до $^1/_2$ его первоначальной

длины. Для листов красной меди ответственного назначения Промстандарт (Цветн. метал. 35) предлагает $\sigma_b \geq 20$ *кг/мм²* при $\delta \geq 32\%$. При пробе на загиб в холодном состоянии листы до 5 *мм* должны загибаться на 180° вплотную, толщиной от 6 до 10 *мм* на 180° вокруг оправки диаметром, равным толщине листа.

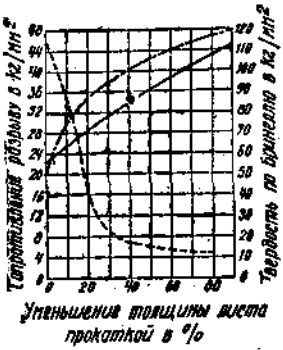


Рис. 138. Зависимость механических свойств медных листов от их наклепа.

На диаграмме рис. 138 представлена зависимость между сопротивлением разрыву σ_b, (сплошная линия), удлинением δ (пунктирная) и твердостью по Бринеллю H_B (осевой пунктир) [1]) с одной стороны и уменьшением сечения при помощи вальцевания листовой меди, с другой; таким образом эта диаграмма дает представление о зависимости механических свойств меди от ее наклепа. Сопротивление разрыву принимает особенно высокие значения при тонких сечениях, полученных вальцеванием или волочением. Например, при тонкой проволоке диаметром 0,1 *мм* σ_b достигает 60 *кг/мм²*. Для твердотянутой медной проволоки для голых электрических проводов ОСТ 421 устанавливает σ_b не менее 38 *кг/мм²*, при относительном удлинении не менее 1%.

Для отожженной медной проволоки ОСТ 420 установил σ_b не менее 21 *кг/мм²*, а величину относительного удлинения не менее, чем указано в табличке. При больших сечениях прутков даже и при значительном наклепе σ_b получается меньшим, чем для тонкой проволоки. Например, у прутков диаметром 50 *мм* не удается получить σ_b выше 30—35 *кг/мм²* даже при наивысшем наклепе. Влияние наклепа устраняется отжигом. Для сильного наклепа достаточна уже температура отжига в 200°, при достижении которой σ_b, например, снижается с 38 *кг/мм²* до 22 *кг/мм²*, а удлинение увеличивается с 5 до 50%. При малом наклепе нужна более высокая температура отжига — в 300—400°. Более высоких температур отжига следует избегать.

Относительное удлинение медной проволоки, отожженной (по ОСТ 420).

Диаметр проволоки в *мм*	Относительное удлинение δ в %
От 0,04 до 0,10	10
„ 0,10 — 0,30	13
„ 0,30 — 0,50	17
„ 0,50 — 0,70	20
„ 0,70 — 1,50	22
„ 1,50 — 2,50	25
„ 2,50 — 3,50	30
„ 3,50 и выше	33

Прочность меди при высоких температурах отражена в диаграмме (рис. 139). Из диаграммы видно, что σ_b постепенно снижается при повышении температуры, хрупкость же меди начинает быстро возрастать с 200°, достигает наибольшего значения между 400° и 600°, после чего хрупкость снова

[1]) H_B диаграммы измерено при диаметре шарика D = 2,5 *мм* и усилии P = 6 ,5 *кг*.

уменьшается (удлинение увеличивается). При 400° модуль упругости достигает 7100 *кг/мм²*.

Твердость по Бринеллю мягкой меди должна быть около 45 *кг/мм²* ± 10%; у наклепанной меди (вытягиванием, волочением или холодной ковкой) твердость возрастает до 90—100 *кг/мм²*.

Обработка меди. Обрабатываемость меди снятием стружки режущими инструментами плоха, так как медь очень пластична и плохо отделяется в виде стружки от заготовки. Обрабатываемость заметно улучшается при наклепе меди или при присадке к ней небольших количеств олова, цинка и других материалов. В виду плохого отделения стружки вследствие пластичности меди при нарезании резьбы метчиками или прогонками нужно выбирать сверла под резьбу или обтачивать заготовки болтов таким образом, чтобы расчетная глубина нарезки получилась приблизительно в 60% [1]) своей номинальной величины, т. е. срезать 40% нарезки по высоте, так как иначе медь, сильно выдавливаясь из-под режущих кромок метчика или прогонки, может повести к защемлению инструмента и к его поломке.

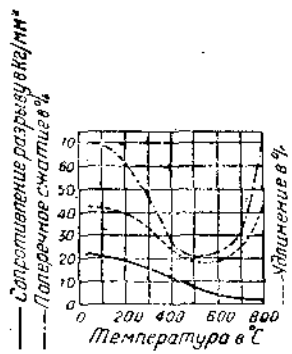


Рис. 139. Влияние нагревания на механич. свойства меди.

Медь хорошо куется как в горячем, так и в холодном состоянии, причем в последнем случае получается жесткость (наклеп), устраняемый отжигом. Паяние меди производится обычно оловянным (слабым) или латунным (крепким) припоем. В первом случае спаиваемые поверхности чистятся напильником или наждачным полотном и бумагой или травятся, затем лудятся (необязательно), после чего паяние ведется паяльником. При твердом припое посыпают спаиваемое место припоем и бурой и нагревают пламенем. Для увеличения крепости шва и улучшения электропроводности применяют серебряный припой. Сварку меди производят следующим образом: очищают поверхность напильником и наждачной бумагой, посыпают ее бурой, нагревают до красного каления и, соединив свариваемые поверхности, скрепляют их сильными ударами молотка. Для сваривания меди также применяются электросварка и газовая сварка.

Вязкость листовой меди по Эриксену

(глубина лунки)

(по Промстандарт цвет. мет. 34 и 35)

Толщина листа в *мм*	Обычное назначение *мм*	Ответственное назначение *мм*
0,2—0,29		8,5
0,3—0,59	8,5	9,0
0,6—1,0	9,0	9,5
1,1—1,5	9,5	10,0
1,6—2,0	10,0	10,5

[1]) Действительная глубина нарезки будет больше после прохода метчиком или прогонкой.

Отливку производят при $t = 1\,300°$, чтобы получить сплав с хорошей текучестью (температура плавления меди 1 084°); плавку ведут обычно в графитных тиглях, посыпая расплавленный металл сверху бурой, стеклом или поваренной солью, чтобы предохранить от окисления; последнего вообще следует всеми мерами избегать так же и при разливке по опокам и формам, для чего стремится струю металла делать возможно более короткой. Для раскисления прибавляют перед разливкой в формы фосфористую медь (лучший раскислитель), кремнистую медь, цинк и пр. Эти присадки, однако, снижают электропроводность меди. Усадка меди довольно велика — 1,2 — 1,4% (в зависимости от чистоты), вследствие чего следует опасаться возникновения раковин, пустот и трещин и устранять их возникновение конструктивными мероприятиями (избегать неравномерного скопления масс и пр.) Отливки из чистой меди имеют обычно временное сопротивление разрыву σ_b — 5 — 18 *кг/мм²*, удлинение ($l = 10d$) $\delta = 15 - 20\%$.

Влияние примесей на свойства красной меди. Сурьма до 0,5% не влияет вредно на механические свойства меди и на ее ковкость. Мышьяк, при наличии окислов в меди, вредно влияет на ее свойства. В других случаях мышьяк не вреден для механических свойств и допускается до 0,1—0,5% в огнеупорной меди, применяющейся для котельных связей, заклепок и пр.; в таком количестве мышьяк увеличивает пластичность и уменьшает электропроводность меди. Свинец, при содержании выше 0,1% делает медь красноломкой. Марганец повышает твердость меди и снижает ее вязкость. Железо до 3% повышает сопротивление разрыву, но также снижает вязкость меди. Никель увеличивает твердость меди и ее сопротивление разрыву, не уменьшая ее вязкости. Фосфор раскисляет медь и безвреден в малых количествах. При содержании фосфора выше 1% медь становится красноломкой. Сера уже в малых количествах — около 0,1% — делает медь красноломкой.

Марганцовистая медь представляет собою сплав с содержанием не менее 92% меди и 4% марганца; этот сплав замечателен своей прочностью при высоких температурах. При 200° его временное сопротивление разрыву остается тем же, что и при комнатной температуре. Лишь с 300° σ_b начинает уменьшаться. В мягком состоянии (без наклепа) временное сопротивление разрыву — до 36 *кг/мм²*, удлинение — 40%, поперечное сжатие — 72%, твердость по Бринеллю ≈ 85 *кг/мм²*. Применяется для котельных связей.

ОСТ 682 дает следующий состав прутков марганцовистой меди: Cu $\geq 92\%$, Mn $\geq 4\%$, Cu + Mn $\geq 98{,}5\%$, примесей не более 1,5%, из них железа не более 1%. При этом сопротивление разрыву должно быть не менее 27 *кг/мм²* и удлинение не менее 32% ($l = 10\ d$). Прутки при пробе на загиб в холодном состоянии при загибе на 180° не должны показывать признаков разрушения; осадка образца до $^1/_3$ первоначальной его длины также не должна вызывать разрушения. Прутки из марганцовистой меди должны поставляться с размерами в следующих допусках: на диаметр $\pm$ 0,2 *мм*, на овальность 0,2 *мм*, на длину $\pm$ 25 *мм*.

2. ЦИНК

Цинк — синевато-белый металл, служащий главным образом для изготовления листового и ленточного материала и проволоки, применяющихся для покрытия кровли, изготовления сосудов для воды, при жилстроительстве и пр. Цинк также широко применяется в большом количестве для оцинкования листового железа, стальной проволоки, канатов

и пр. с целью предохранения их от ржавчины. Нанесение цинка на железо и др. материалы производится либо погружением в расплавленный цинк, либо гальваническим путем или шоопированием. [1]) В большом количестве цинк применяется при изготовлении различных сплавов.

По содержанию сопутствующих примесей ОСТ 267 разделяет чушковый цинк на 4 марки: Ц1 — 99,85% Zn — для высших специальных сортов катанной латуни (например, патронной), Ц2 — 99,50% Zn — для высших сортов торговой катанной латуни и для прокатки, Ц3 — 98,75% Zn — для обычной торговой латуни и мунца, Ц4 — 98,00% Zn — для цинкования и литых сплавов. Загрязнение цинка вызывается, главным образом, свинцом (0,07—1,6 Pb), кадмием и железом.

В отлитом состоянии цинк хрупок и имеет сопротивление разрыву всего около 3 *кг/мм²* при удлинении ≈ 0% и твердости по Бринеллю ≈ 40 *кг/мм²*. Вальцованный или прессованный цинк имеет сопротивление разрыву 18—19 *кг/мм²*, при удлинении около 18 и более процентов и твердости по Бринеллю ≈ 45 *кг/мм²*. Нагретый до 100—150° цинк ковок, хорошо вальцуется; при этой же температуре обычно производят волочение проволоки. Загрязняющие примеси сильно снижают ковкость цинка в горячем состоянии.

Цинк после излома или отливки быстро покрывается окислом, препятствующим дальнейшему разрушению металла от окисления. Вследствие этого свойства он широко применяется для защиты изделий от атмосферных влияний (оцинкованное железо и пр.). Вода (также и морская) не разрушает цинк, вследствие его способности защищаться окислами; все же жидкости, разрушающие эти окислы, разрушают и цинк, в том числе, например, дождевая вода при длительном ее воздействии на цинк (содержащая углекислоту и аммоний). Загрязняющие примеси в небольших количествах не ухудшают химической стойкости цинка против действия воды (свинец до 1,5%, железо до 0,34%, кадмий до 0,5%, сурьма до 0,07%). Цинк разрушается щелочами и кислотами.

3. ЛАТУНЬ.

Латунью [2]) называют сплав меди с цинком с содержанием цинка от 20 до 45%. Сплав с содержанием цинка до 20% называется томпаком. Латунь типичного состава содержит 2 части меди и 1 часть цинка.

Латунь с 40% цинка и небольшим количеством свинца называется муни-металлом; муни-металл хорошо обрабатывается режущими инструментами.

Латунь при содержании цинка до 36% (состоящая из кристаллов твердого раствора α) хрупка в горячем состоянии и может обрабатываться только в холодном. Латунь с содержанием цинка от 36 до 42% (состоящая из кристаллов твердого раствора $\alpha + \beta$) может обрабатываться в горячем и холодном состоянии. Латунь того же строения, но с содержанием цинка более 42%, настолько хрупка и тверда в холодном состоянии, что обычно не применяется для обработки снятием стружки, но очень пластична в раскаленном состоянии и может обрабатываться горячим штампованием.

Цинк увеличивает твердость и прочность сплава и уменьшает его пластичность; при большом содержании цинка — свыше 45% — латунь делается очень хрупкой и поэтому обычно не применяется для изделий. После механической обработки изделия из латуни становятся жесткими

---

[1]) Шоопированием называется процесс покрытия металлом путем пульверизации его в расплавленном состоянии на покрываемую поверхность.

[2]) Латунь начали изготовлять в Европе с середины восемнадцатого столетия

Медно-цинковые

(по ОСТ 312,

Наименование	Марка	Состав				
		Медь		Спец. примеси		Слу
		норма	допуск	свинец	олово	свинец
Томпак	ЛТ90	90	± 1	—	—	0,03
Полутомпак	Л80	80	± 1	—	—	0,03
Латунь	Л68	68	+ 2 — 1	—	—	0,03
Латунь	Л62	62	± 1,5	—	—	0,1
Латунь	Л59	59	+ 1 — 2	—	—	0,5
Мунц	ЛС59	59	+ 1 — 2	0,8 - 1,9	—	—
Мунц автоматный . . .	ЛС59А	59	+ 1 — 2	2—3	—	—
Латунь морская	ЛМ70	70	± 1	—	1,0 - 1,5	0,07
Латунь морская	ЛМ62	62	± 1	—	1,0 - 1,5	0,2

Примечания. 1) Под следами подразумевается содержание Л62 для специальных целей допускается специальная примесь циальных и случайных, должно быть не более 0,9%.

сплавы (латунь).

ред. 1931 г.).

в процентах								Примерное назначение
чайные примеси не более								
железо	фосфор	мышьяк	сурьма	висмут	олово	всего	цинк	
0,1	следы	следы	следы	следы	следы	0,20	Остаток	Для специальных целей
0,1	0,01	0,01	0,005	следы	0,05	0,25		Листы, ленты, проволока
0,1	0,01	0,01	0,005	следы	0,10	0,25		Трубы конденсаторные, ленты
0,15	0,01	0,01	0,005	0,003	0,15	0,4		Листы, ленты, трубы и прутки тонкие, проволока
0,3	0,01	0,01	0,010	0,003	0,20	0,9		Листы, трубы и прутки толстые
0,5	0,02	0,02	0,010	0,003	0,25	1,0		Листы толстые
0,5	0,02	0,02	0,010	0,003	0,25	1,0		Прутки для автоматов
0,05	следы	следы	следы	следы	—	0,2		Трубы, соприкасающиеся с морской водой
0,1	следы	следы	следы	следы	—	0,4		Листы и прутки

соответствующего *элемента не свыше 0,002%*. 2) *В латунных прутках марки* свинца в пределах 0,4—0,6%. В этом случае количество примесей, спе-

(наклепываются); для возвращения им пластичности их отжигают. Наибольшее удлинение — 56% — имеет латунь с 30% цинка, наибольшее временное сопротивление разрыву — 48 *кг/мм²* при содержании цинка в 45% (удлинение при этом 18,3%). Благодаря относительной дешевизне цинка латунь находит себе широкое применение для изделий, от которых не требуется особенной прочности.

В зависимости от химического состава медно-цинковых сплавов устанавливаются следующие марки и их обозначения по ОСТ 312 (измененная редакция 1931 г.) [1] (см. стр. 354—355).

Механические свойства латуни указаны в помещенной на стр. 358 табличке [2] в зависимости от химического состава и наклепа для стержней сечением в 30 *мм²*. В графе „Степень жесткости" приведены коэфициенты, указывающие, во сколько раз увеличилось временное сопротивление разрыву вследствие наклепа по отношению к величине временного сопротивления разрыву в мягком состоянии материала.

Латунные листы торгового качества, изготовляемые при толщине 0,2—1,5 *мм* из Л62, а толщиною 1,8 *мм* и выше — из сплава Л59, при испытании вязкости по Эриксену должны давать глубину лунки не менее указанной в таблице. Механические свойства листов толщиной 2,5—10 *мм* при пробе растяжением по ОСТ 3336 Л62 — $\sigma_b \geqq 31$ *кг/мм²* и $\delta \geqq 35\%$, Л59 — $\sigma_b \geqq 35$ *кг/мм²* и $\delta \geqq 25\%$ и ЛС59 — $\sigma_b \geqq 35$ *кг/мм²* и $\delta \geqq 20\%$. Удлинение при этом измеряется на длине $l = 11{,}3\sqrt{F}$ при толщине 4—10 *мм*.

При пробе на загиб в холодном состоянии поперек прокатки листы должны выдерживать без надрывов и отслоений при толщине 0,2—1,8 *мм* загиб на 180° вплотную, при толщине 2,0—5,0 *мм* — загиб на 180° вокруг оправки ∅ 5 *мм* и при толщине 6,0—10,0 *мм* — загиб на 180° вокруг оправки ∅ 10 *мм*.

Вязкость латунных листов из Л62 и ЛС59 по Эриксену

(по ОСТ 3336).

При толщине листов *мм*	Наименьшая глубина лунки *мм*
0,2—0,25	7
0,3—0,55	9
0,6—1,0	9,5
1,2—1,5	10,0
1,8—2,0	10,5

Для прутков латунных торгового качества из Л59 и ЛС59 механические свойства по ОСТ 3335 указаны ниже в таблице (расчетная длина образцов $l = 11{,}3\sqrt{F}$). Эти прутки при обработке на токарном станке должны иметь сыпучую стружку.

По ОСТ 3335 прутки считаются выправленными, если при укладке на стол просвет между прутками и столом не превышает 5 *мм* на длине 1 *м* для диаметров до 15 *мм* и 10 *мм* для диаметров 15 *мм* и выше.

Модуль упругости латуни для отливок колеблется от 8000 до 10 000 *кг/мм²*, латуни для вытягивания (глубокого штампования) в мягком состоянии — 10 000—12 000 *кг/мм²*. При нагревании сопротивление разрыву снижается, относительное удлинение, как видно из

[1] В опубликованном ранее варианте ОСТ 312 имелась другая система марок латуни, а именно: ЛМ62, ЛМ70, ЛС59, ЛС64, Л80, Л85, Л68, Л72, ЛТ85, ЛТ90.

[2] Таблица составлена по DIN 1695, 1709, 1774, 1776, 1778.

Механические свойства прутков латунных ЛС59 и Л59
(по ОСТ 3335).

Механические свойства	Диаметры прутков мм		
	5—15	16—50	52—100
Сопротивление разрыву σ_b кг/мм²	40	35	30
Удлинение δ %	20	15	10

приведенной ниже таблички, сначала понижается, потом несколько повышается (таблица составлена для отожженной латуни).

Зависимость механических свойств латуни с 60% Cu от температуры.

Температура	Сопротивление разрыву σ_b кг/мм²	Удлинение δ %
20°	36	33
300°	24	13
350°	20	10
400°	11	15
450°	10	20
500°	5	22

У латуни с большим содержанием меди (например, 70%), удлинение при нагревании постепенно понижается.

Рис. 140. Влияние температуры отжига на механические свойства латуни с 67% меди.

Отжиг латуни производится для уменьшения жесткости, вызванной наклепом латуни, главным образом листовой, и применяется большей частью при штамповочных операциях — при вытягивании. Введение отжига в качестве промежуточной операции при вытягивании дает возможность получать вытягиванием сосуды значительно большей глубины, чем без промежуточного отжига. На диаграмме [1]) (рис. 140) представлено влияние t отжига на сопротивление разрыву (сплошная линия) и удлинение (пунктирная) для листовой латуни холодной прокатки с 67% меди. По мере увеличения температуры отжига выше 200° сопротивление разрыву начинает сильно падать, удлинение увеличивается. При отжиге около 700° достигается наивысшее значение удлинения. Однако отжиг рекомендуется производить при $t = 600 - 650°$, не выше, так как иначе возникает опасность перегрева с увеличением хрупкости и возникновение крупнокристаллической структуры.

Если при отжиге температуру нагрева чрезмерно повысить — до 850 — 900°, то латунь порвется, так как при такой температуре из нее

[1]) По данным Grard'a.

Механические свойства различных сортов латуни.

Содержание меди в %	Назначение	Цвет	Состояние латуни	Степень жесткости	Испытание на разрыв		Твердость по Бринеллю H_b кг/мм²
					Сопротивление разрыву, кг/мм² σ_b	Удлинение ($l = 10d$) δ в %	
58	Для винтов и точеных деталей	Желтый	Мягкая	1	37—45	25	80—100
			Среднетвердая	1,2	44—54	10	105—150
			Твердая	1,4	51—63	5	>150
			Твердости пружин . .	1,8	—	—	—
60	Для горячего штампования	Желтый	Мягкая	1	34—42	30	70—90
			Среднетвердая	1,2	41—50	18	95—120
			Твердая	1,4	48—58	10	125—145
			Твердости пружин . .	1,8	—	—	—
63	Для давильных и вытяжных работ	Красновато-желтый	Мягкая	1	29—35	45	60—75
			Среднетвердая	1,2	35—43	25	75—95
			Твердая	1,4	41—50	15	95—120
			Твердости пружин . .	1,8	52—64	5	130—150

67	Для вытяжных и давильных работ (гильзовая латунь), для припоев и пр.	Зеленовато-желтый	Мягкая	1	28—33	40	55—70
			Среднетвердая	1,2	33—40	25	70—90
			Твердая	1,4	38—46	15	90—110
			Твердости пружин . .	1,8	50—60	5	115—145
72	Для давильных, вытяжных работ с повышенными требованиями (в отношении вязкости) к деталям	Зеленовато-желтый	Мягкая	1	25—33	40	≈ 60
			Среднетвердая	1,2	32—39	30	≈ 75
			Твердая	1,4	38—45	18	≈ 95
			Твердости пружин . .	1,8	48—60	8	≈ 130
80	Для листов, лент, проволоки для изделий с красивой внешностью	Светло-красный	Мягкая	1	≈ 26	40	≈ 60
			Среднетвердая	1,2	≈ 33	30	≈ 75
			Твердая	1,4	≈ 42	15	≈ 95
			Твердости пружин . .	1,8	≈ 50	5	≈ 130
85	Для специальных целей	Золотисто-желтый	Мягкая	1	≈ 25	40	≈ 55
			Среднетвердая	1,2	≈ 32	30	≈ 70
			Твердая	1,4	≈ 40	15	≈ 90
			Твердости пружин . .	1,8	≈ 45	5	≈ 125
90	Для специальных целей	Золотисто-желтый	Мягкая	1	≈ 25	40	≈ 55
			Среднетвердая	1,2	≈ 32	30	≈ 70
			Твердая	1,4	≈ 40	15	≈ 90
			Твердости пружин . .	1,8	≈ 45	5	≈ 125

испаряется цинк. При отжиге следует равномерно и медленно нагреть ящики с вытяжками или деталями, подлежащими отжигу, и нагревать их при температуре отжига столько времени, чтобы все содержимые в ящиках детали прогрелись до температуры отжига. Охлаждение следует вести медленно (для замедления охлаждения в ящики вместе с загрузкой деталей накладывают металлические стружки); вскрывать ящики не следует слишком рано, так как и при t 320° быстрое охлаждение уменьшает вязкость материала.

Закалка латуни — быстрое охлаждение в воде, нагретой до 700—900° латуни — дает некоторое повышение твердости (от 10 до 40%, в зависимости от химического состава и нагрева латуни). Практического значения, однако, закалка латуни не имеет как вследствие незначительного повышения твердости, так и опасности испортить латунь при особенно высоких температурах.

Обработка латуни. Обрабатываемость режущими инструментами зависит от содержания меди. Хорошо обрабатывается латунь с содержанием не выше 60% меди, так как дает короткую ломкую стружку. Еще лучше обрабатывается латунь с 59—58% меди, применяющаяся для винтов, автоматных и револьверных деталей. Очень улучшает обрабатываемость латуни присадка в нее свинца — до 4%. Свинец в латуни не растворяется и обнаруживается при рассматривании под микроскопом в виде мелких точек, способствующих при отделении стружки раскалыванию материала. На обрабатываемость влияет помимо химического состава еще и микроструктура стали. Повидимому, для улучшения обрабатываемости лучше иметь игольчатую или точечную кристаллическую структуру; однако, этот вопрос еще нельзя считать окончательно решенным.

В Америке Обществом испытания материалов [1]) рекомендован следующий сплав в качестве автоматной латуни, хорошо поддающейся обработке снятием стружки (для винтов, деталей и проч.): Cu = 60,0—63,0%, Pb = 2,50—3,75%, Fe не более 0,15%, прочих примесей (кроме Fe, Cu, Zn, Pb) не более 0,50%, остальное — цинк. Эта латунь считается хорошего качества, если холодно волоченые и правленные прутки загибаются без образования трещин на 120° вокруг стержня, диаметр которого в два раза больше диаметра прутка (для сечений не круглых загибание производится вокруг стержня, диаметр которого $d = 4 \times s$, где s — толщина прутка).

Из сортов латуни, изготовляемых в СССР, как указано выше, лучше других сортов обрабатывается марка ЛС 59А и ЛС 59.

Латунь с 60% меди применяется для горячего штампования. A. S. T. M (B 15—18) для горячего штампования рекомендована латунь с Cu = 58,5—61,5%, Pb = 1,5—2,5%, Fe не более 0,15%, других примесей не более 0,35%, прочее—цинк. Эта латунь считается пригодной для горячего штампования, если образцы, отрезанные от прутка, длиною $l = d$ в горячем состоянии уковываются в осевом направлении без образования трещин до 0,2 l.

Для отливок применяются главным образом два сорта: [2]) 1) 63% меди, 3% свинца, остальные — цинк, и 2) 67% меди, 3% свинца, остальное — цинк. Свинец в этих сплавах влияет главным образом на улучшение обрабатываемости. Иногда добавляют еще для увеличения твердости и сопротивления разрыву олово и железо. Температуру сплава при отливке принимают от 900 до 1000°. Отливку ведут в земляных

[1]) A. S. T. M., лист B 16—29.
[2]) Предложены DIN 1709.

(в опоках) или в железных формах. При отливке в земле при применении слишком тощей формовочной земли, отливки получают очень грубую поверхность, требующую дообработки, при применении слишком жирной формовочной земли отливки получаются пористыми и с трещинами. [1]) Иногда земляные формы перед отливкой просушивают в печах. При применении железных форм последние перед употреблением следует подогревать и смазывать керосином с сажей, льняным маслом с графитом и т. п., чтобы предотвратить растворение железа в расплавленном металле и соединение латуни с формой.

Волочению в холодном состоянии на волочильном станке латунь поддается хорошо, в особенности с содержанием 63% Cu и выше, когда удается волочением получить проволоку до 0,1 *мм* диаметром. При содержании меди в 60% и 58% удается волочением получить проволоку до 1—2 *мм* диаметром. После волочения получается более или менее сильный наклеп в зависимости от уменьшения сечения. Обычно, за один волочильный ход, уменьшение сечения принимается в 20%, при скорости волочения от 2 до 15 *м*/мин. (в зависимости от мощности волочильного станка). После уменьшения на 50% сечения волочением твердость прутков настолько возрастает, что их необходимо отжигать — при $t = 600$—$650°$ при нагреве от 3 до 6 часов — в зависимости от количества загруженных в печь прутков (нужно, чтобы все прутки прогрелись до температуры отжига). После отжига прутки травят для удаления окалины и волочат дальше. После окончательного волочения прутки правят на рихтовальном станке или вручную на рихтовальной плите. Часто после волочения возникают внутренние напряжения, сказывающиеся в появлении трещин через более или менее продолжительный срок после волочения; [2]) для устранения возможности появления этих трещин полезно нагревать прутки в течение 2—3 часов при $t = 230°$ (т. е. при температуре, при которой еще не может произойти рекристаллизация).

Для вырубания из листового материала шайб и плоских деталей наиболее подходит листовая мунцевая латунь, для вытягивания полых сосудов — более вязкие сорта латуни — с 63% или 67% меди; для ответственных вытяжек, от которых требуются вязкость и устойчивость формы после вытягивания, — применяется латунь с 72% меди.

В Америке в качестве патронной латуни (для глубокого штампования — вытягивания — гильз для ружейных патронов и пушечных снарядов) применяется латунь с 68,0—71,0% меди, с содержанием не более 0,07% свинца, не более 0,05% железа, прочих материалов 0,15% и цинка — остальное. Эта латунь должна быть отожжена таким образом, чтобы твердость по Бринеллю (∅ 10 *мм*, $P = 500$ *кг*) была в пределах от 49 до 65 *кг/мм*². [3])

---

[1]) Тощей формовочной землей называется кварцевый песок с небольшим содержанием глины в качестве связующего материала, жирной землей — песок с большим содержанием глины — до 12%; глину иногда заменяют другими связующими материалами.

[2]) Склонность латуни к трещинам можно обнаружить погружением прутка в ртуть, после чего, если в прутке есть значительные внутренние напряжения, появляются трещины либо сразу, либо через непродолжительный срок.

[3]) Твердость по Бринеллю определяется величиной кристаллов, последние же, в свою очередь, определяют H_B; поэтому проще и скорее определить их по величине H_B, чем при помощи измерения под микроскопом. Для указанного выше сорта латуни величина зерна может быть найдена в зависимости от твердости по Бринеллю по помещенной справа табличке.

Величина кристаллов и твердость по Бринеллю (у латуни с 68—71% Cu).

Величина кристаллов в *мм*	H_B	Величина кристаллов в *мм*	H_B
0,150	47	0,044	60
0,098	50	0,034	65
0,058	55	0,029	69

Влияние примесей на свойства латуни. Латунь с примесями, специально вводимыми в сплав для улучшения ее качеств, является специальной латунью. Железо уменьшает зерно, увеличивает сопротивление разрыву, но уменьшает вязкость при содержании железа выше 0,4% (до 0,4% железо растворяется в латуни) и увеличивает окисляемость. Олово, прибавляемое к латуни обычно в малых количествах, улучшает стойкость против окисления.

В так называемой „морской латуни" иногда бывает олова по этой причине до 1%; такое содержание олова заметно улучшает так же и механические свойства латуни. В пружинную латунь добавляют олово, однако, до 6%, что несколько увеличивает твердость сплава. Алюминий сильно повышает сопротивление разрыву и твердость; при содержании выше 2% сильно уменьшает вязкость латуни. Поэтому его добавляют обычно не выше 4%. Латунь с содержанием алюминия хорошо куется в горячем состоянии и потому применяется для горячего штампования. Кремний уменьшает вязкость латуни и большей частью применяется лишь в качестве раскислителя. Никель очень благоприятно влияет на механические свойства и повышает сопротивляемость против окисления. Марганец до 4% повышает сопротивление разрыву и вязкость и стойкость против окисления и, в особенности, против разъедания морской водой; он также действует как раскислитель сплава, однако слабее фосфора.

Из специальных сортов латуни наиболее известны: этерна-металл (59% Cu, 2% Pb, 0,5% Mn, 0,5% Al, 0,15% Fe и немного олова и железа, остальное — цинк); дурана-металл (55—60% Cu, 1—2% Fe и небольшие количества Al, Mn, Sn, Ni, Pb, остальное — цинк); дельта-металл (см. ниже) и пр. Механические свойства специальной латуни: этерна-металл в прессованном состоянии: $\sigma_b = 60 - 70$ *кг/мм²*, предел текучести $\sigma_s = 32$ *кг/мм²*, удлинение δ $(l = 10d) = 16 - 10\%$, твердость $H_B = 140 - 160$ *кг/мм²*; дурана-металл литой: $\sigma_b = 41 - 70$ *кг/мм²*, $\sigma_s = 18 - 40$ *кг/мм²*, $\delta = 34 - 20\%$, $H_B = 90 - 150$ *кг/мм²*; кованый: $\sigma_b = 60 - 70$ *кг/мм²*, $\sigma_s = 50 - 60$ *кг/мм²*, $\delta = 20 - 6\%$, $H_B = 130 - 160$ *кг/мм²*.

Специальные сорта латуни применяются в машиностроении для деталей, подвергающихся значительным напряжениям, в приборостроении — для деталей, стойких против окисления, в судостроении — для деталей, соприкасающихся с морской водой, так как специальные сорта латуни, в особенности с содержанием марганца и олова, хорошо противостоят действию морской воды. Кроме того, специальные сорта латуни с вкраплениями твердых металлов в мягкую массу основного металла пригодны в качестве материала для вкладышей подшипников.

Дельта-металл представляет собою латунь, механические качества которой улучшены присадкой примесей. Обычный состав: меди — 56%, цинка — 41%, железа — 1%, марганца — 1%, свинца — 1%. Из этих примесей наибольшее влияние на свойства латуни имеет железо, увеличивающее ковкость металла в горячем состоянии и его сопротивление разрыву. Литой металл имеет временное сопротивление разрыву от 40 до 60 *кг/мм²*, предел пропорциональности — от 12 до 31 *кг/мм²*, удлинение — от 12 до 43%, твердость по Бринеллю $H_B = 90 - 150$. Прессованный металл имеет сопротивление разрыву от 43 до 70 *кг/мм²*, предел пропорциональности — от 17 до 32 *кг/мм²*, удлинение от 19 до 38%, в зависимости от состава, и твердость по Бринеллю $H_B = 100 - 160$. Дельта-металл хорошо обрабатывается режущими инструментами и хорошо куется. В раскаленном состоянии дельта-металл обладает высокой пластичностью.

4. ОЛОВО.

Олово применяется для изготовления станиоля — тонких листочков для обертывания пищевых продуктов в качестве воздухонепроницаемой и предохраняющей от сырости обертки (часто со свинцом в количестве не более 10%), для изготовления труб для пищевой промышленности, где свинец неприменим из-за разъедания его жидкостями (например, при производстве искусственных минеральных вод и пр.), для лужения металлических изделий с целью предохранения их от коррозии и пр.; олово также широко применяется в качестве составной части многих сплавов.

Олово для промышленных целей обычно несколько загрязнено примесями (железо, свинец, медь, сурьма и пр.), вредно отражающимися на его ковкости, химической стойкости, уменьшающими блеск и пр. ОСТ 663 установил следующие марки олова, в зависимости от химического состава:

Марки олова
(по ОСТ 663).

Марки и их обозначения	Химический состав в %				Примерное назначение
	Олова Sn не менее	Примеси			
		в том числе		Всего не более	
		железа Fe не более	свинца Pb не более		
0.1	99,9	0,04	0,04	0,1	Для лужения консервной жести
0.2	99,75	0,04	0,1	0,25	Для лужения посуды; для баббита Б. 1
0.3	99,5	0,04	Содержание ограничивается цифрой, определяющей общее содержание примесей	0,5	Для бронзы
0.4	98,5	0,04		1,5	Для припоев; для баббитов (кроме Б. 1)

Механические свойства олова: сопротивление разрыву литого олова = 3,50—4,0 *кг/мм²*, предел упругости ≈ 3,40 *кг/мм²*; отожженного при 50°: сопротивление разрыву = 2,75 *кг/мм²*, удлинение 40%, поперечное сжатие 74%. Модуль упругости ≈ 5500 *кг/мм²*.

Отливку олова большей частью ведут в металлических формах. Правильная температура отливки (t плавления = 231°,8) имеет следствием блестящий цвет поверхности отливки. Если на поверхности заметны по-

бежалые цеста — температура отливки была слишком высока и отливка хрупка в нагретом состоянии (вследствие образования окислов); если поверхность матовая — температура отливки была слишком низка и отливка хрупка в холодном состоянии. Хрупкость (вследствие низкой температуры металла при разливке в формы) может быть устранена путем охлаждения деталей тотчас после отливки в холодной воде. Детали, поверхность которых должна быть особенно блестящей, отливаются в металлические подогретые формы, причем температура плавки берется высокой. Олово очень хорошо вальцуется в тончайшие листочки (толщиной до 3μ); вальцевание можно вести сразу в несколько слоев, для чего нужно предварительно смазать накладываемые друг на друга листы маслом. Из олова волочат проволоку, лучше в нагретом состоянии до 100—120°. При температуре, однако, около 200° олово становится очень хрупким. Олово очень стойко против химического воздействия атмосферных влияний, а также не разрушается холодной и горячей водой. Кислоты и щелочи действуют на олово, за исключением растительных кислот, которые олово почти не разрушают. Применяемое в промышленности так называемое „белое" олово обладает свойством при некоторых условиях медленно превращаться в „серое" — хрупкое, распадающееся в порошок (процесс называется „оловянной чумой"). Этому превращению способствует соприкосновение белого олова с серым или с некоторыми химическими составами.

5. БРОНЗА.

Сплав меди с оловом — с большим содержанием меди и меньшим олова — называют бронзой. Однако, термином „бронза" обозначают также вообще сплав меди с другим металлом; исключение составляет лишь сплав меди с цинком, называемый латунью. Бронза характерна своими высокими механическими свойствами.

Олово придает сплаву твердость и хрупкость. Однако при содержании олова до 6—10% бронза остается еще пластичной в холодном состоянии; такая бронза (с 6—10% олова) называется поэтому часто „ковкой бронзой". Однако обычно ее называют фосфористой бронзой, так как эта бронза при отливке раскисляется фосфором, который или целиком удаляется вместе со шлаками или остается в незначительном количестве в бронзе.[1]) Ковкая бронза применяется для холодной прокатки листов, для волочения проволоки и т. п. работ.

Механические свойства литой бронзы в зависимости от содержания олова

(по Guillet, 1906).

Состав в %		Мех. свойства	
Cu	Sn	σ_b кг/мм²	δ %
96,3	3,6	22,5	14,3
92,8	7,2	20,0	5,5
90,0	10,0	18,8	3,7
87,5	12,5	21,8	3,6
82,5	17,5	26,1	0 7
76,3	23,7	15,4	0
68,3	31,8	4,5	0

Для изготовления проволоки, лент, листов и прутков бронза

[1]) Следует заметить, что термин „фосфористая бронза" сам по себе еще не определяет ни химический состав бронзы ни ее свойств, так как раскисление фосфором применяется для бронз с разнообразным содержанием олова.

отливается в болванки или в земляных формах (для болванок до 30 *кг*) или в составных кокилях (для болванок до 90—400 *кг*), изготовляемых из чугуна, или центробежным способом (в диски, из которых в дальнейшем изготовляется проволока). Последний способ дает очень плотные отливки. После отливки болванки отжигают путем медленного повышения температуры до 550—600° и охлаждения на воздухе. Прокатку листов в холодном состоянии и волочение проволоки производят с уменьшением сечения на 10—40% между отжигами, в зависимости от толщины болванки. Ковкая фосфористая бронза хорошо сопротивляется истиранию, устойчива против разъедания морской водой. Ее механические свойства: в мягком состоянии листовая бронза имеет $\sigma_b = 40 - 50$ *кг/мм²*, удлинение $\delta = 60 - 70\%$, твердость по Бринеллю (4/100/30) $H_B = 77$ *кг/мм²*, в жестком (твердом) состоянии эта же бронза имеет $\sigma_b = 75 - 80$ *кг/мм²*, $\delta = 1 - 5\%$, $H_B \approx 170$ *кг/мм²*. Бронзовые прутки в твердом (наклепанном) состоянии имеют $\sigma_b = 50 - 52$ *кг/мм²*, $\delta = 15 - 20\%$, $H_B \approx 190$ *кг/мм²*.

ОСТ 348 устанавливает следующий состав металла для прокатанных или полученных волочением прутков из фосфористой бронзы: 3,6% олова, 0,1—0,2% фосфора, остальное медь; при этом количество примесей должно быть не больше: свинца — 0,10%, цинка — 0,3%, железа — 0,10%, в сумме не больше 0,50%. Механические свойства этих прутков при ∅ 10—15 *мм*: сопротивление разрыву σ_b не менее 32 *кг/мм²*, удлинение δ не менее 10%, при ∅ свыше 15 *мм* σ_b — не менее 30 *кг/мм²*, δ — не менее 18%.

Фосфористая бронза. Фосфористая бронза представляет собою сплав, состоящий из меди, олова и фосфора, с небольшим содержанием цинка, железа и свинца. Роль фосфора в бронзе сводится главным образом к раскислению сплава. В некоторых сортах фосфористой бронзы фосфора иногда не содержится вовсе, так как присаженный к расплавленной бронзе фосфор уже выполняет свое назначение, связав кислород и удалившись в виде шлака.

Фосфористая бронза довольно хорошо сопротивляется окислению и применяется часто для деталей, подвергающихся действию соленой воды.

Фосфористая бронза отличается вязкостью, прочностью и мелкозернистым строением. Литая фосфористая бронза обычно имеет следующий состав: меди 80—90%, олова 6—8%, фосфора 0,3%, железа не более 0,06%, свинца — не более 0,2%, остальное — цинк. В некоторых сортах фосфористой бронзы содержание фосфора достигает 2%, но эту цифру обычно не переходят.

Для червяков и зубчатых колес фосфористая бронза обычно содержит от 10 до 12% олова и от 0,7 до 1% фосфора. Если вследствие больших усилий возможен значительный износ, содержание фосфора может быть доведено до 1—1,5% и даже до 2%. Следует однако иметь в виду, что при большем 1% содержании фосфора увеличивается хрупкость бронзы.

Для пружин хороша фосфористая бронза следующего состава: меди 95%, олова 4,5%, пятипроцентного фосфористого олова 0,5%. При особенно больших усилиях, действующих на пружины, берут состав: меди 90%, олова 9%, пятипроцентного фосфористого олова 1%.

Фосфор, вводимый в бронзу в расплавленном состоянии, добавляется или в виде фосфористого олова, или в виде фосфористой меди.

Бронза для вкладышей подшипников. Применение специальных сортов стали для валов, их специальная закалка и высокая точность изготовления цапф в настоящее время позволяют применять более твердые.

чем раньше, сорта бронзы для вкладышей подшипников. Раньше в ходу были более мягкие сорта бронзы, обладающие пластичностью, чтобы компенсировать неточность изготовления вкладышей и цапф. Бронза для подшипников представляет собою смесь мягких и твердых кристаллов. По мере истирания вкладыша на месте первых образуются микроскопические впадины, где скопляется масло, твердые же кристаллы воспринимают на себя давление от цапф; твердость этих кристаллов не должна превосходить, однако, твердости цапф, чтобы на последних не образовывались царапины. При одном и том же химическом анализе бронзы может получиться различное распределение твердых и мягких кристаллов; поэтому необходим тщательный лабораторный контроль за изготовлением бронзы не только в отношении ее химического состава, но и микроскопического строения.

Лучшими сортами бронзы для вкладышей до настоящего времени являются сплавы меди с оловом; для предотвращения образования окислов, понижающих качество вкладыша, прибавляют еще фосфор.

Свинец, прибавленный в бронзу, вообще говоря, понижает прочность сплава, но в небольших количествах придает ему пластичность и помогает смазке, если последняя недостаточно подводится к подшипнику. Свинец химически не соединяется с оловом и находится в сплаве в взвешенном состоянии. При неравномерном распределении в сплаве свинца получается плохой антифрикционный материал. Бронза с содержанием свинца часто применяется в общем машиностроении для больших скоростей, однако не рекомендуется для цапф, изготовленных из твердой стали, и для больших давлений. Бронза со свинцом (например, 86% Cu, 10% Sn, 4% Pb или 80% Cu, 8% Sn и 12% Pb) пригодна для вкладышей подшипников, потому что свинец выделяется в бронзе (при правильном ведении плавки) в виде мягкой сетки. В Америке иногда применяется для вкладышей подшипников бронза с содержанием свинца до 30%; в этом случае подшипники получаются „самосмазывающимися", могущими работать без подвода смазки.

Цинк химически соединяется с медью; сплав меди с цинком — латунь — мало пригоден для вкладышей, в виду отсутствия различных — твердых и мягких — кристаллов в сплаве. Достоинством являются хорошие литейные свойства. Применяется для дешевых изделий в случае небольших скоростей и нагрузок. Сплав с большим содержанием цинка при полном отсутствии олова применяется в бронзе с содержанием алюминия. Такая бронза имеет высокую прочность и превосходные антифрикционные свойства и применяется для моторо- и станкостроения.

Для особенно больших нагрузок применяется бронза с 80% меди и 20% олова. Временное сопротивление разрыву — 23 *кг/мм*², твердость 130—143 по Бринеллю. Хорошая фосфористая бронза для вкладышей содержит 90% меди и 10% олова; ее временное сопротивление разрыву 26 *кг/мм*², твердость по Бринеллю от 61 до 70. Для обычного машиностроения часто применяется более дешевый сплав с 86% меди, 9,5% олова, 2,5% свинца и 2% цинка. При высоких скоростях, если цапфы не закалены, применяется сплав с 80% меди, 10% олова и 10% свинца.

За границей существует много разнообразных сортов бронз для вкладышей подшипников, из которых некоторые очень своеобразны. Например, в Америке пользуется распространением ж е н е л и т — бронза, содержащая до 40% по объему графита, равномерно распределенного во всей ее массе. Женелит благодаря своей пористости впитывает смазку до 20% по объему относительно объема вкладыша и, благодаря присутствию графита, прекрасно предохраняет валы от заедания в подшипниках при недостаточном подводе смазки.

Плохая работа подшипника часто вызывается не материалом вкладыша, но неправильной конструкцией подшипника. Каждая канавка для смазки уменьшает поверхность вкладыша; поэтому следует прорезать лишь необходимое минимальное число канавки. Последние должны быть скошены по краям, чтобы канавки не соскабливали смазки, но, наоборот, заставляли бы ее распространяться на поверхности цапфы и вкладыша. Между цапфой и вкладышем должен быть достаточный зазор для помещения смазки.

Марганцовистая бронза для подшипников. Ввиду дороговизны и дефицитности олова в СССР ведутся интенсивные исследования применимости для вкладышей подшипников различных сортов бронз без олова. Из исследованных в Научно-исследовательском институте материалов НКПС сортов бронз [1]) хорошие антифрикционные свойства показала марганцовистая бронза состава: Cu = 59%, Zn = 37%, Mn = 1,85%, Pb = 1,9%, Al = 0,25%; [2]) эта бронза имеет $\sigma_b = 41$ *кг/мм²*, $\delta = 13\%$.

Коэфициент трения μ при вращении осевой стали (C = 0,17%) в подшипнике из этой марганцовистой бронзы со смазкой $\mu = 0{,}007$, а в подшипнике из оловянистой бронзы (Cu = 85,46%, Sn = 10,68%, Pb = 3,84%, Fe = 0,02%) $\mu = 0{,}008$; μ при работе без смазки для марганцовистой бронзы = 0,14, для оловянистой = 0,15. Таким образом по антифрикционным свойствам марганцовистая бронза оказалась лучшей, чем оловянистая, по этой причине можно предполагать ее применимость для подшипников пассажирских вагонов. [2])

Способ изготовления марганцовистой бронзы заключается в следующем: в тигель загружается медь, засыпается толстым слоем древесного угля и расплавляется; раскисление производится фосфористой медью (1 *г* фосф. меди на 1 *кг* меди), после чего прибавляется марганцовистая медь, алюминий, а затем цинк и, наконец свинец. Сплав тщательно перемешивается деревянной палкой, при температуре 1100° тигель снимается с горна и при температуре 1000—1030° заливается в формы; последняя температура узнается по прекращению выделения белых паров окислов цинка при перемешивании сплава железным стержнем.

Бронза для подшипников для осей из нитрированной стали на некоторых заводах за границей применяется следующего состава: меди — 80,2%, никеля — 5,5%, олова — 11,5%, цинка — 2,8%, следы свинца. Утверждают, что азотированные оси во вкладышах подшипников из такой бронзы могут вращаться с большими скоростями и даже некоторое время работать без всякой смазки.

Пушечная бронза применялась в прежнее время для изготовления пушек. Среднее содержание олова в пушечной бронзе (взято из анализа бронзы старинных пушек разных стран) 9—12% при 88—91% меди. Большее содержание олова делает ее слишком хрупкой, хотя и более твердой. Наибольшую твердость бронза получает примерно при содержании 35% олова, однако при этом она очень хрупка.

Колокольная бронза, дающая лучший звук при ударе, имеет содержание олова в 20—25% при содержании меди 75—80%; она применяется для гонгов и для ударных звуковых инструментов.

---

[1]) См. инж. А. И. Шпагин. „Специальные латуни".

[2]) Прибавление в марганцовистую бронзу свинца (не выше 2%) улучшает антифрикционные свойства и улучшает обрабатываемость резанием, но несколько ухудшает механические свойства бронзы. Содержание алюминия в 0,25% способствует получению более чистых и красивых отливок; кроме того, содержание Al до 0,25% очень немного улучшает механические свойства (σ_b и δ).

Художественная бронза современного состава содержит около 80—90% меди, 3—8% олова, 1—10% цинка и 1—3% свинца. Цинк прибавляется в бронзу для лучшего заполнения формы; однако цинк уменьшает твердость и вязкость сплава.

Японская и китайская художественная бронза содержит свинец до 20%; посредством отжига или химического окрашивания эта бронза получает глубокую черную окраску.

Свинец, однако, вредит прочности бронзы. Художественная бронза под действием атмосферных влияний покрывается с течением времени коричнево-зеленоватым поверхностным налетом — патиной.

Зеркальная бронза, имевшая ранее значительное распространение, теперь применяется иногда лишь в качестве отражающих поверхностей физических приборов. Наилучший состав 33% Sn и 67% Cu.

Монетная бронза современного состава, применяющаяся для медной разменной монеты, содержит 90—95% меди, 4—5% олова и 0,5—5% цинка; чистая медь не применяется для монет ввиду чрезмерной мягкости. В последнее время также появились монеты из бронзы с содержанием до 8,5% алюминия.

Влияние главнейших примесей на свойства оловянистой бронзы. Алюминий вообще вреден для бронзы (требует тщательного проведения литья), однако в небольших количествах является раскислителем сплава и до 0,5% улучшает механические свойства бронзы; при содержании же алюминия выше 0,5% понижается сопротивление разрыву и в особенности удлинение.

Цинк в небольших количествах несколько повышает сопротивление разрыву, снижает температуру плавления и облегчает получение хорошо заполняющих форму отливок без раковин с острыми кромками. Бронза с содержанием цинка состава 87% меди, 7,5% цинка и 5,5% олова применяется для прокатывания лент, волочения проволоки; из нее также изготовляются хорошие пружины. Пружины из такой бронзы (в состоянии наклепа) имеют сопротивление разрыву $\sigma_b \approx 90$ *кг/мм²* при удлинении $\delta = 5\%$.

Марганец, подобно фосфору, действует на расплавленную бронзу в качестве раскислителя и образует легкоплавкий шлак, плавающий на поверхности расплавленного металла. До содержания в 1,5% марганец улучшает механические свойства оловянной бронзы, при большем его количестве удлинение уменьшается.

Никель увеличивает твердость бронзы.

Железо способствует при содержании в 1—1,5% Fe получению отливок без раковин повышенной твердости.

Закалка оловянистой бронзы в воде с температуры 520—600° ведет к уменьшению твердости бронзы; закалку принимают, однако, оловянистые бронзы с содержанием олова не менее 14%. Уменьшение твердости бронзы от закалки тем значительнее, чем больше содержание олова (при 22,3% Sn и температуре нагрева перед закалкой в 620° твердость снижается приблизительно на 20%). Практического значения закалка бронзы пока не имеет.

6. КРАСНОЕ ЛИТЬЕ.

Красное литье. Таким термином в Германии и иногда у нас называют разновидность оловянной бронзы с примесью цинка. [1]) Этот

[1]) В Германии сплавы этой группы носят общее название „Rotguss".

сплав помимо меди содержит олово от 4 до 10% и цинк от 2 до 7% и, в некоторых случаях, свинец (1—3%). В зависимости от состава красное литье имеет $\sigma_b = 15-20$ *кг/мм²*, удлинение ($l = 5d$) $\delta = 6-25\%$, твердость по Бринеллю $H_B = 50-70$ *кг/мм²*, модуль упругости $E \approx 8300$ *кг/мм²*, удельный вес = 8,5 — 8,90. Красное литье хорошо сопротивляется окислению, хорошо отливается, точно передавая очертания формы. Для паровой арматуры — вентилей, кранов, заслонок и пр. применяется сплав: 86% Cu, 10% Sn, 4% Zn, для различных отливок, требующих некоторой твердости и сопротивления износу сплав: 82% Cu, 8% Sn, 7% Zn, 3% Pb, для деталей, от которых требуется главным образом повышенная твердость, сплав: 85% Cu, 5% Sn, 7% Zn, 3% Pb, для фланцев труб и для деталей, припаиваемых твердым припоем, сплав: 93% Cu, 4% Sn, 2% Zn, 1% Pb. Красное литье сохраняет свои механические свойства при нагревании до 250—300°; выше этих температур сопротивление разрыву и удлинение начинают сильно снижаться. Отливка ведется при довольно низкой температуре (относительно температуры плавления) — при 1150°, чтобы сплав не перегреть, иначе образуется оловянная кислота, сильно понижающая механические свойства готовых отливок. При разливке в формы следует тщательно избегать попадания в форму кусочков шлака, плавающих на поверхности сплава. Большие отливки производятся в сухой земле, малые отливки — в сырой. Для получения плотных отливок желательно их быстрое охлаждение.

7. НИКЕЛЬ.

Никель [1]) применяется главным образом для изготовления специальных сортов стали и различных сплавов, однако и в чистом виде, без специальных примесей, служит для изготовления сосудов для химической промышленности, лабораторной посуды, кухонной посуды, котлов и изделий для пищевой промышленности, котлов для походных кухонь, для медицинских инструментов, для покрытия (гальваническим способом) различных металлов, для сосудов для перевозки и хранения ртути и т. п. Этому широкому применению никель обязан высокой стойкости против окисления; вода — пресная и морская, воздух, растворы щелочей и щелочи, многие растворы солей не действуют на никель. На воздухе он не окисляется до 500°; при более высоких температурах начинается окисление, понижающее его механические свойства, так как окислы проникают внутрь металла и начинают образовываться по границам кристаллов.

ОСТ 567, в зависимости от количества сопутствующих примесей, разделяет никель на четыре марки: Н1 — 99,7% Ni + Co (Co не более 0,1%), Н2 — 99,5% Ni + Co (Co не более 0,8%), Н3 — 99% Ni + Co (Co не более 1%), Н4 — 97,5% Ni + Co (Co не более 1,2%). Механические свойства никеля: твердость по Бринеллю (5/250/30) отожженного 80—90 *кг/мм²*, твердовальцованного 180—220 *кг/мм²*; сопротивление разрыву σ_b отожженного 40—45 *кг/мм²*, твердовальцованного 70—80 *кг/мм²*; удлинение δ отожженного 40—50%, твердовальцованного $\approx 2\%$. Вязкость по Эриксену для отожженного никеля приведена в табличке на стр. 370.

Температура разливки никеля в формы при отливке $\approx 1500-1550°$; перед разливкой необходимо раскисление металла, что производят марганцем или магнием.

Никель очень хорошо поддается вытягиванию (глубокому штампованию); смазкой служит мыльный раствор с маслом. Важна гладкая по-

---

[1]) В чистом виде получен впервые в 1891 г., в сплавах был известен в древности.

верхность пуансона, матрицы и прижимного кольца. Для устранения наклепа от штампования никель отжигают при 600—700° (в зависимости от толщины листов) в ящиках, замазанных глиной для предохранения от доступа воздуха. Температура рекристаллизации в зависимости от наклепа = 550 — 900°. Остывание заготовок после отжига в закрытых ящиках делает излишним травление. В случае необходимости травление следует производить 20% серной кислотой при 60—80° С. Снятие стружки следует производить резцами с малым углом резания $\delta \approx 50°$ и закругленной (не плоской) передней гранью резца, *ввиду вязкости никеля*. Обрабатываемость никеля снятием стружки лучше всего при твердости по Бринеллю $H_B \approx 150$ *кг/мм²*; вообще же никель обрабатывается плохо. Обрабатываемость может быть несколько улучшена прибавлением к никелю различных примесей, например, кремния. Никель хорошо полируется матерчатыми дисками при помощи венской извести и стеаринового масла. Сварка никеля с помощью сварочных паст может быть как автогенной, так и электрической; при сварке следует избегать окисления металла, ухудшающего его механические свойства. Прочность сварочного шва сильно колеблется; в среднем сопротивление *разрыву 30—40 кг/мм² при удлинении 10—30%*. *Для пайки лучшим припоем* по прочности является серебряный с 50 частями серебра и 50 частями томпака, однако могут применяться оловянные и латунные припои. Горячая обработка никеля прокатыванием или ковкой должна быть при $t \approx 1100°$; наивысшая температура ковки 1200°. Нагревание желательно производить в нейтральной атмосфере.

Вязкость никеля по Эриксену.

Толщина листа в *мм*	Глубина лунки в *мм*	Толщина листа в *мм*	Глубина лунки в *мм*
0,2	11,0	1,2	12,9
0,4	11,7	1,4	13,0
0,6	12,2	1,6	13,1
0,8	12,5	1,8	13,2
1	12,7	2	13,3

8. НИКЕЛЕВЫЕ СПЛАВЫ.

Нихром. Нихром представляет собою сплав никеля и хрома, значительно более стойкий против окисления при высоких температурах, *чем чистый никель*.

Существует много различных марок нихрома. Нихром для цементационных ящиков пригоден состава: 67% Ni, 16% Cr, 12% Fe и 1% Mn. Температура плавления этого сорта $\approx 1350°$; до температуры в 900° этот сорт нихрома устойчив против окисления; его временное сопротивление разрыву $\sigma_b = 45$ *кг/мм²*.

Нихром состава 80% Ni и 20% Cr устойчив против окисления до 1150°; его сопротивление разрыву $\sigma_b = 84$ *кг/мм²*, температура плавления $\approx 1400°$.

Нихром состава 90% Ni и 10% Cr имеет температуру плавления $\approx 1435°$; нихром состава 64% Ni, 11% Cr, 25% Fe имеет температуру плавления $\approx 1390°$.

Нихром для проволоки для электросопротивлений пригоден состава: 60% Ni, 12% Cr, 26% Fe, 2% Mn; сопротивление разрыву этого сорта $\sigma_b = 70$ *кг/мм²*.

Медно-никелевые сплавы
(по ОСТ 3581).

Наименование группы	Обозначение (марка)	Химический состав в %						Примерное назначение
		Никель		Марганец		Медь	Случайные примеси, не более	
		Норма	Допуск	Норма	Допуск			
Мельхиор . .	Мх.80—20	20	+0,5 −1,5	См. примечание	—	Остальное	0,2 См. примечание	Ленты для вытягивания (глубокого штампования), полосы, прутки, толстая проволока.
Никелин . .	Нн.66—34	34	±1	0,5	±0,1	Остальное	0,5	Полосы, ленты, проволока, прутки для электротехнических целей.
Константан .	К.60—40	40	±1	0,5	±0,1	Остальное	0,5	Полосы, ленты, проволока, прутки для электротехнических целей.

Примечание. Для марки Мх.80—20 как специальная примесь вводится железо не свыше 1% (можно вводить за счет никеля). В случайных примесях допускается: Mn не свыше 0,1%, S — не свыше 0,01%, As — не свыше 0,01%, P — не свыше 0,005%, Pb, Sb и Bi — только следы.

Для марок Нн. 66—34 и К.60—40 в случайных примесях допускается: As не свыше 0,01%, Pb — только следы, Si — не свыше 0,1%, Bi и Sb — только следы.

Калит — американский огнеупорный никелевый сплав состава. 35% Ni, 5% Cr, 50% Fe, 10% Al. Температура плавления этого сплава $\approx 1525°$, $\sigma_b = 40$ *кг/мм²*; уд. вес ≈ 7.

Калит легко отливается, главным образом в виде цементационных ящиков или для подобных целей, но не поддается обработке режущим инструментом или газовым пламенем.

Манганин представляет собою сплав, состоящий из 58% меди, 41% никеля и 1% марганца. Коэфициент расширения этого сплава при нагревании почти равен нулю (около 0,000025). Применяется в электротехнике в качестве материала для электрических сопротивлений, а также для некоторых физических приборов.

Под тем же названием „манганин" также иногда понимают марганцовую бронзу состава: 82% меди, 15% марганца, 2,5% никеля и 0,5% железа; этот сплав также применяется для электросопротивлений.

Никелевая бронза очень тверда и очень устойчива против окисления. Уже при содержании никеля выше 3—4% бронза обрабатывается с трудом. Поэтому она применяется главным образом для изделий, изготовляемых почти без снятия стружки, например, для конденсаторных труб, для которых эта бронза очень пригодна вследствие своей малой окисляемости. *Для таких труб применяется никелевая бронза* состава 80% меди и 20% никеля или 70% меди и 30% никеля. Этот сплав применяется также для монет, оболочек и пр.

Проментандарт 423 дает состав никелевой бронзы: Ni = 5% (± 0,5%), Al = 3% (± 0,5%), примеси случайные не более 0,5%, остальное медь; эта бронза предназначается для турбинных лопаток.

На Западе распространена никелевая бронза и с значительно большим содержанием никеля, сообщающим бронзе хорошие механические свойства. Например, бронза состава 70% Ni, 26% Cu, 4% Mn, загрязнители менее 1,5%, имеет $\sigma_b = 64$ *кг/мм²*, $\sigma_s = 28$ *кг/мм²*, $\delta = 47\%$, $\psi = 66\%$, $H_B = 149$ *кг/мм²*. [1])

Бронза Рюбеля представляет собою сплав, в который входят в кратном соотношении к их атомному весу соединения металлов (помимо меди): железо, никель, алюминий, цинк. Эта бронза за границей изготовляется нескольких марок, в зависимости от состава. Бронза Рюбеля, соответствующая сплаву Cu_3Zn с Cu_2Fe_2NiAl имеет $\sigma_b \approx 44$ *кг/мм²* и удлинение $\delta \approx 40\%$; она хорошо куется и прокатывается. Бронза Рюбеля состава 33,1% Cu, 29,2% Fe, 30,6% Ni и 7,1% Al (удовлетворяющая формуле $Cu_2Fe_2Ni_2Al$) в литом виде имеет $\sigma_b = 75$ *кг/мм²* при $\sigma_s = 40 - 45$ *кг/мм²* и удлинении при быстром охлаждении в 13%. Имеется сорт этой же бронзы с $\sigma_b = 75 - 83$ *кг/мм²* при удлинении в 3%, применяющийся для деталей, подвергающихся сильному давлению и истиранию. Вообще бронза Рюбеля применяется за границей, ввиду высокой цены, лишь для ответственных деталей, подвергающихся значительным напряжениям, а также для деталей, подвергающихся действию кислот.

Монель-металл представляет собою сплав, по внешнему виду сходный с никелем, с содержанием никеля около 67%, меди — 28% и других металлов (железа, марганца, кремния) — 5%. Наиболее ценным свойством монель-метала является его неокисляемость, прочность и твердость не только при комнатных, но и при высоких температурах, и его стойкость против разъедающего действия пара и воды. Монель-металл находит

[1]) По данным фирмы, изготовляющей этот сплав — Mond „Seventy"

себе применение для травильных баков и сосудов, для арматуры малых размеров к паровым котлам, для мелких штампованных изделий, ножей, кухонной посуды и пр. Временное сопротивление разрыву колеблются от 45 до 59 *кг/мм*², предел пропорциональности — 22—33 *кг/мм*² при удлинении в 25%. При литье монель-металл нагревается до 1550°, при ковке — между 980—1150°. Последней температуры переходить нельзя, так как несколько выше монель-металл делается хрупким. Отжиг производится при 790—900°, причем вязкость металла зависит от достигнутой при отжиге температуры. Сваривается монель-металл плохо. Тонкие листы свариваются непосредственно друг с другом при помощи ацетилено-кислородного пламени, для сваривания толстых листов следует применять специальные пасты.

Нейзильбер можно представить себе как латунь, в которой цинк заменен никелем. Этот сплав имеет красивую серебристую окраску и применяется главным образом для мелких изделий в точной механике (медицинские инструменты, готовальни и пр.). Нейзильбер в основном состоит из никеля, цинка и меди. Кроме основных металлов нейзильбер часто содержит в небольшом количестве железо, свинец и олово.

ОСТ 3582 установил две марки нейзильбера — А и Б, указанные ниже. В эти марки в число допустимых примесей входят железо и марганец.

Марки нейзильбера
(по ОСТ 3582).

Наименование группы	Обозначение (марка)	Химический состав в %						Примерное назначение
		Никель		Цинк		Медь	Случайные примеси, не более	
		Норма	Допуск	Норма	Допуск			
Нейзильбер А	Нз 65-15—20	15	+2 −3	20	+6 −5	Остальное	1,0	Листы, ленты для мелкой штамповки, пружины, проволока
Нейзильбер Б	Нз 52-32-16	32	±1	16	±1	Остальное	0,5	Полосы, ленты для электротехнических целей

Для нейзильбера, предназначенного на прокатку и волочение, не допускаются в случайных примесях (см. таблицу) Bi, Sb и Pb — выше следов, As — выше 0,01%, Si — выше 0,1%. Для фасонных литых изделий, не подвергаемых обработке прокаткой и волочением, допускается присутствие Pb, Sn, Al, Cd, P в общей сумме не более 3% за счет цинка.

Никель повышает стойкость нейзильбера против окисления и потускнения и улучшает механические свойства сплава (увеличивает сопротивление разрыву и вязкость). Цинк улучшает обрабатываемость сплава режущим инструментом и увеличивает его электросопротивление, но вместе с этим снижает прочность сплава, в особенности при высоких температурах. Присадка свинца к отливкам из нейзильбера заметно улучшает их обрабатываемость. Иногда в нейзильбер для отливок добавляют алюминий — для улучшения текучести сплава в расплавленном состоянии, чтобы нейзильбер лучше заполнял форму; кроме того, содержание алюминия до 2% уменьшает пористость отливок. Железо увеличивает твердость и хрупкость нейзильбера, однако придает ему белый оттенок; его содержание иногда доходит до 2%. Изделия из нейзильбера

небольших размеров чистятся следующим образом: сначала они обезжириваются погружением в бензин и содовый водяной раствор, а затем погружаются в водяной раствор азотной и серной кислот и хлористого натрия, после чего промываются в воде и просушиваются в древесных опилках.

Отжиг листового нейзильбера (вытяжек после штамповочных операций для придания им вязкости с целью облегчить последующее вытягивание) производится при температуре 650—700°. При отжиге очень важно нагревание производить медленно и предохранять отжигаемые заготовки от доступа воздуха, для чего заготовки из нейзильбера следует пересыпать древесным углем.

9. СВИНЕЦ.

Свинец очень широко применяется в различных отраслях промышленности в литом, прокатанном и прессованном виде. Свинец применяется для водопроводных работ, для ремонтных работ, в качестве облицовки различных сосудов для хранения кислот, в качестве защиты от рентгеновских лучей, в качестве защитного слоя на кабелях, электрических проводах и аккумуляторах, в качестве предохранителей на пробках для электрической проводки (так как свинец легко плавится), для пуль для придания им большого веса), для пломб (ввиду дешевизны), в качестве защитного слоя от сырости в виде тонких листов при жилстроительстве, для закалочных ванн (ввиду низкой температуры плавления); свинец является также важной составной частью многих сплавов и химических изделий.

Свинец торгового качества содержит до 99,7—99,9% чистого свинца. Свинец хорошо отливается (однако менее текуч, чем олово), очень ковок и прокатывается в тонкие листочки и фольгу, хорошо сваривается и припаивается. От вытягивания, волочения или прокатывания свинец не становится жестким (его температура рекристаллизации лежит ниже комнатной температуры).

Механические свойства свинца: сопротивление разрыву ≈ 2 *кг/мм²*, удлинение $\approx 50\%$, твердость по Бринеллю (10/300) $\approx 6{,}9$ *кг/мм²*, сопротивление сжатию ≈ 5 *кг/мм²*, модуль упругости $\approx 1500—1700$ *кг/мм²*.

Свинец не поддается действию концентрированных серной и азотной кислот. Для повышения стойкости против разбавленной водой серной кислоты в свинец добавляют немного меди. Разбавленная водой азотная кислота действует сильнее на свинец, чем концентрированная. Разбавленная соляная кислота почти не действует на свинец. Также свинец стоек против воздействия цианистого кали, соды и поташа, масел, керосина и пр. Мягкая вода действует на свинец; на свинце, однако, под влиянием содержания в воде солей, образуется защитный слой углекислого свинца, благодаря чему свинцовые трубы применяются для водопроводов.

10. АЛЮМИНИЙ.

Алюминий [1]) в чистом виде (без специальных примесей) применяется в виде проволоки — для электротехнических целей, в качестве проводника электрического тока, в виде листов и лент — для штампования плоских деталей и сосудов. Важнейшее же применение алюминия — в качестве главной составной части многочисленных алюминиевых сплавов. Алюминий добывается из бокситов и латеритов, имеющихся в СССР, содержащих 55—65% Al_2O_3, до 24% Fe_2O_3, 12—30% воды

[1]) Впервые получил Велер в 1827 г.

и до 4% SiO_2. Чистый алюминий практически всегда имеет загрязняющие примеси. ОСТ 2028 установил три марки алюминия, указанные ниже в табличке. Эти марки относятся к алюминию в чушках и болванках для авто-авиа-промышленности.

Марки алюминия

(по ОСТ 2028).

Марка	Количество *алюминия* в % не менее	Содержание примесей в % не более				
		Fe	Si	Fe + Si	Cu + Zn	Fe + Zn + Cu + Si
AI	99,5	—	—	0,50	0,05	0,50
AII	99,0	—	—	1,00	0,10	1,00
AIII	98,0	1,0	1,0	1,75	0,25	2,00

На ребрах болванки или чушки (по ОСТ 3587) наносятся лаком: — на AI — красная, на AII — синяя, на AIII — черная полоса. ОСТ 3588 устанавливает пять форм чушек, употребляемых для переплавки и для сплавов: форму № 1 — весом 1 *кг*, форму № 2 — 2 *кг*, форму № 3 — 4 *кг*, форму № 4 — 5 *кг* и форму № 5 — 15 *кг*.

В Англии, в листовом алюминии торгового качества, допущено 2% загрязнителей.

В отношении окисляемости алюминий довольно стоек на воздухе и при действии на него воды, так как свежая поверхность алюминия быстро покрывается тонким слоем прозрачного окисла, который предохраняет металл от дальнейшего разрушения. Все кислоты и щелочи разрушают алюминий, за исключением азотной кислоты, которая на него не действует.

Механические свойства алюминия в зависимости от его обработки.

Механические свойства	Литой	Твердовальцованный	Отожженный
Сопротивление разрыву σ_b *кг/мм²*	9—12	18—28	7—11
Предел текучести σ_s *кг/мм²*	3—4	16—24	5—8
Удлинение δ %	18—25	3—5	30—45
Твердость по Бринеллю H_B (5/62,5/30)	24—32	45—60	15—25
Сопротивление срезу $\sigma_{ср}$ *кг/мм²*	7—8	12—18	6—10

Примеси к алюминию ухудшают его химическую стойкость.[1]) Быстро охлажденный алюминий после отжига при 350—400° более стоек против окисления, чем алюминий, медленно охлажденный с температуры до 350°. Чистый алюминий довольно хорошо сопротивляется действию морской воды.

Механические свойства чистого алюминия зависят от его предварительной обработки. В приведенной ниже табличке указаны механические свойства для литого, твердовальцованного и отожженного алюминия. Модуль упругости алюминия—7200 *кг/мм²*, модуль скольжения—2700 *кг/мм²*.

Механические свойства алюминиевых листов

(по Промстандарт цв. мет. 36—37).

Состояние материала	Толщина листов в *мм*	Сопротивление разрыву не менее σ_b *кг/мм²*	Относительное удлинение δ на расчетной длине $l = 11{,}3\sqrt{F}$ не менее%	
			для обычного назначения	для ответственного назначения
Мягкий	0,3—0,9	7,5	20,0	20,0
	1,0 и выше	7,5	22,0	25,0
Твердый	0,3—0,9	12,0	6,0	7,0
	1,0 и выше	12,0	6,5	7,5

Для металлообработки большое значение имеет листовой алюминий, *применяющийся для штампования—вырубания и вытягивания.*

Вязкость по Эриксену отожженного листового алюминия с 99,5% Al.

Толщина s в *мм*	Глубина лунки в *мм*	Толщина s в *мм*	Глубина лунки в *мм*
0,1	5,8	1,1	10,6
0,15	6,8	1,2	10,8
0,2	7,6	1,3	11,0
0,3	8,3	1,4	11,2
0,4	8,6	1,5	11,4
0,5	9,0	1,6	11,7
0,6	9,3	1,7	11,8
0,7	9,6	1,8	12,0
0,8	9,9	1,9	12,3
0,9	10,1	2,0	12,5
1,0	10,4		

Листовой алюминий лучше всего характеризуется вязкостью по Эриксену. Слева приведена табличка вязкости по Эриксену для отожженного алюминия с 99,5% Al.

На стр. 377 значения вязкости по Эриксену для алюминия несколько меньше, так как они относятся к алюминию меньшей чистоты.

Отливки из чистого алюминия (применяемые очень редко) при быстром застывании (напр., в металлических формах) имеют большее сопротивление разрыву, чем при медленном застывании (в песке).

Наклеп алюминия сильно отражается на механических свойствах, в особенности уменьшается его вязкость; например

[1]) Из многочисленных алюминиевых сплавов наиболее стойким против коррозии в морской воде и атмосфере является советский сплав ЦАГИ № 11, имеющий $\sigma_b = 19—21$ *кг/мм²*, (16—17) и $\delta = 11—13\%$ (6—7) (вне скобок — свойства кокильного литья, в скобках — литья в песке)

при уменьшении толщины листа прокатыванием в два раза удлинение уменьшается в четыре раза.

Механические свойства алюминия торгового качества в нагретом состоянии—при 100—150° начинают резко ухудшаться.

Отжиг алюминия применяется обычно для уменьшения твердости и увеличения вязкости наклепанного алюминия при вытягивании сосудов.

Наивысшее значение удлинения получается при отжиге между температурами 300—400°. После отжига при такой температуре стагшие чрезмерно жесткими при штамповании вытяжки становятся снова вязкими и пригодными для дальнейшего вытягивания. Очень удобны для отжига ванны масляные или свинцовые, так как их можно установить в непосредственной близости от пресса, а также потому, что они быстро нагревают материал. Последнее важно, так как уменьшает рост кристаллов.

Вязкость по Эриксену отожженного листового алюминия

(по Промстандарт пр. мет. 36 и 37).

Толщина материала в *мм*	Глубина лунки не менее:	
	обычное назначение в *мм*	ответственн. назначение в *мм*
0,3—0,4	5,0	6,0
0,5—0,7	6,0	7,0
0,8—0,9	7,0	8,0
1,0—1,2	7,5	8,5
1,5—1,8	8,0	9,0
2	8,5	9,5

Рост кристаллов, однако, зависит главным образом от предварительного наклепа и температуры нагрева. Температура начала образования новых кристаллов (температура рекристаллизации), освобожденных от наклепа и внутренних напряжений, возникающих вместо старых кристаллов, деформированных предварительной холодной обработкой, тем ниже, чем сильнее было изменение формы алюминия в холодном состоянии (чем больше был наклеп); при деформации в 90% температура рекристаллизации около 250°, при деформации в 2%—около 600°. Рост величины кристаллов при отжиге тем больше, чем меньше была деформация материала перед отжигом, чем медленнее при нагревании проходится критическая температура начала рекристаллизации, чем меньше загрязнение алюминия посторонними примесями и чем дольше алюминий подвергается отжигу после уже произошедшей рекристаллизации. Кристаллы большой величины понижают способность материала вытягиваться и создают на изделиях грубую шероховатую поверхность. Поэтому следует избегать роста кристаллов; для этого не следует подвергать отжигу алюминий с малым наклепом, а при большом наклепе нужно нагревать его при отжиге до сравнительно низких температур (250—300—350°). При отжиге в металлических ваннах при 350—450° время нагрева—несколько минут, в зависимости от размеров заготовки; при отжиге в муфельных печах при больших загрузках (напр. 500 *кг*)—время нагрева значительно дольше (напр. 5—6 часов), чтобы все заготовки прогрелись; перед загрузкой температура печи доводится до 400—500°.

Обработка алюминия. Режущим инструментом чистый алюминий обрабатывается хуже алюминиевых сплавов. Форма резца для обработки алюминия и алюминиевых сплавов характерна малым углом резания

($\delta = 45°$) (см. главу о резцах). Для резцов большей частью применяется быстрорежущая сталь. На малые углы *резания следует также* затачивать зубцы фрез, пил и пр. Очень важно выглаживать переднюю грань резца и его кромки оселком, чтобы *эта грань была совершенно* гладкой, а режущие кромки острыми. На чистом алюминии избегают нарезать резьбу, ввиду *мягкости металла и непрочности нарезок*, которые легко сбиваются и изгибаются при нарезании и работе. Для крепежной резьбы иногда *ограничиваются только сверлением* отверстий под резьбу, стальные же винты загоняют в алюминий ударами молотка—чистый алюминий *настолько мягок, что винты сами образуют* резьбу в алюминии; для алюминия часто практикуется накатывание резьбы (о сверлах *для алюминия — см. главу о сверлении*). Для наружного шлифования пригодны карборундовые твердые круги СТ и Т, для внутреннего *шлифования—карборундовые мягкие* М при зернистости при грубом шлифовании в 24 и в 50—60 при чистовом. Окружную скорость круга не следует *принимать особенно высокой* (*не выше* 25—30 *м/сек.*), так как высокая окружная скорость в данном случае не увеличивает производительности *круга, но облегчает* его засаливание. Устранить последнее можно путем смазывания круга твердым параффином, прижимая его на 1—2 *секунды к вращающемуся* кругу. При опиливании алюминия (напильниками с ординарной насечкой) смазывание напильников *параффином также предохраняет* их от засаливания. Алюминий хорошо полируется мягкими войлочными или матерчатыми кругами, обильно *смазанными салом и полирующим составом*, при большом числе оборотов кругов (для мягких кругов иногда применяется окружная скорость *до 40 м/сек.*). Алюминий очень хорошо вальцуется в холодном состоянии, поддается волочению из него проволоки, вытягиванию при *штамповании полых сосудов*, обработке на давильных станках и пр.

Алюминий также очень хорошо сваривается кислородно-ацетиленовым *пламенем*, чем пользуются часто для исправления литья, а также для сварки алюминиевых листов. Алюминиевые листы также можно *сваривать друг с* другом при темнокрасном нагреве, прижимая их друг к другу ударами молотка или прокатыванием. О паянии алюминия см. *соотв. главу*. Отливки из чистого алюминия применяются редко; алюминий отливается сравнительно плохо.

11. АЛЮМИНИЕВЫЕ СПЛАВЫ.

Алюминиевая бронза, содержащая обычно от 5 до 10% алюминия остальное—медь, отличается высокими механическими свойствами (также и при высоких температурах)—до 300°—400° и стойкостью против окисления.[1]) Существуют также сорта алюминиевой бронзы с присадками железа (1—4%), никеля (1—7%), марганца, вводимыми для повышения механических свойств (σ_b до 55—60 *кг/мм²* при удлинении 20—25%). Промстандарт 423 предлагает три сорта алюминиевой бронзы: Бр. А5 с 5% Al ($\pm$ 0,5%), случайные примеси не более 0,3%, остальное медь—для изделий, стойких по отношению к окислению; Бр. АМц 8—2 с 8% Al ($\pm$ 1%) и 2% Mn ($\pm$ 0,3%), примеси не более 0,5%—для изделий, стойких по отношению к окислению в морской воде; Бр. АК 8—1,5 с 8% Al ($\pm$ 1%), и 1,5% Si ($\pm$ 0,2%), примесей не более 0,5%—для изделий повышенной вязкости.

Особенно распространена бронза с 5% Al. Эта бронза имеет хорошую вязкость и потому применяется для изготовления холодной прокат-

[1]) Красивый цвет алюминиевой бронзы, однако быстро теряется при действии на бронзу влаги.

кой и волочением (с промежуточным отжигом) лент, листов, проволоки. Ее удельный вес = 8,3. В отожженном состоянии сопротивление разрыву $\sigma_b \approx 35$ *кг/мм²* при удлинении $\delta (l = 10d) = 40-50\%$ и твердости $H_B = 70$ *кг/мм²*; в жестком (с наклепом) состоянии эта бронза имеет $\sigma_b \approx 60-75$ *кг/мм²* при удлинении $\delta = 5-10\%$ и твердости по Бринеллю $H_B \approx 140$ *кг/мм²*. Литье из этой бронзы имеет худшие механические свойства. Такая бронза в СССР применяется для разменной монеты.

Алюминиевая бронза с 8% алюминия очень тягуча и вязка, но мало упруга и потому мало пригодна для деталей, у которых при большом напряжении при растяжении и сжатии не должно появляться остаточных деформаций. Механические свойства бронзы с содержанием 9,1% Al при 90,9% Cu в отожженном состоянии: $\sigma_b = 39$ *кг/мм²*, $\delta = 45\%$. [1]) Механические свойства бронзы с 8,7% Al при литье в песок: $\sigma_b = 28,1$ *кг/мм²*, предел упругости $\sigma_e = 9,8$ *кг/мм²*, $\delta = 48\%$; тот же материал, но прокатанный: $\sigma_b = 36,8$ *кг/мм²*, $\sigma_e = 11,1$ *кг/мм²*, $\delta = 38\%$. [2]) Алюминиевая бронза с 10% Al очень хрупка, отливается с большим трудом, имеет большую усадку, хорошо сопротивляется истиранию и устойчива против окисления и разъедания морской водой.

Распространению алюминиевой бронзы мешает трудность получения хороших отливок.

Алюминие-цинковые сплавы. Прибавление к алюминию цинка улучшает литейные свойства сплава и делает последний более стойким против окисления. Содержание цинка не должно быть менее 15%, обычно оно колеблется от 15 до 33%. Присадка небольшого количества меди очень заметно сказывается на увеличении временного сопротивления разрыву. Сплав алюминия с цинком, с содержанием цинка в 25%, применяется чаще других; удельный вес этого сплава—3,4, временное сопротивление разрыву бруска, отлитого в песчаной форме, $\sigma_b \approx 19$ *кг/мм²*.

Алюминиевая латунь представляет собою специальную латунь с содержанием 4% алюминия, 26% цинка и 70% меди; применяется, когда от отливок требуются точные размеры. Сплав обрабатывается с трудом, если содержание алюминия превосходит 4%. Временное сопротивление разрыву ≈ 30 *кг/мм²*, предел упругости ≈ 12 *кг/мм²*.

Алюминие-магниевые сплавы. Наибольшей известностью пользуются магналий, дуралюминий и электрон.

Магналий содержит магния до 5%, а иногда и больше, однако чаще применяется с меньшим содержанием магния—в виду дороговизны последнего. Магналий с содержанием магния от 1,6 до 2% и иногда с небольшим количеством меди, никеля, олова и свинца применяется чаще других сортов. Он легче чистого алюминия; его удельный вес колеблется от 2,5 до 2,57. Магналий хорошо куется, отливается и протягивается в проволоку. Отливки более плотны, чем отливки из алюминия. Магналий с успехом применяется для цилиндров автомобильных и авиационных моторов, а также для многих изделий, которые должны иметь небольшой вес. Сопротивление разрыву отливок из магналия увеличивается от быстрого охлаждения. Магналий с содержанием магния в 2%, отлитый в песчаную форму, имеет временное сопротивление разрыву около 12 *кг/мм²*; тот же магналий, но быстро охлажденный (улучшенный), получает сопротивление в 20 *кг/мм²*, а охлажденный водой—

[1]) По Guillet.
[2]) По Розенгейну.

около 28 кг/мм². Повышая содержание магния до 10%, увеличивают *сопротивление* разрыву охлажденной водой отливки до 42 кг/мм². Магналий с содержанием магния от 20—30% применяется для делительных кругов оптических инструментов, при большем 30% количестве магния идет для зеркал.

Влияние состава и обработки магния на его механические свойства.

Содержание магния в %	Обработка	σ_s	σ_b	δ	H_B
0,5	Отожженный	9,5	12	22,5	36
1,0		9	13,5	22,5	31
1,5		12,5	16	24,5	36
2,0		8,5	14,5	26,5	41
0,5	*Улучшенный*	12,5	17,5	25,5	49
1,0		11	21	21,5	66
1,5		13,5	23	24,5	67
2,0		11	21,5	25,5	49

Дуралюминий [1]) является распространенным сплавом алюминия *с медью* и небольшим количеством магния и других металлов. В зависимости от назначения он содержит около 0,3—1,0% магния, 0,4—1,0% марганца, 3,0—5,5% меди, остальное алюминий. Кроме того, дуралюминий может содержать еще железо и кремний. В некоторых сортах дуралюминия марганца или меди не имеется, но присутствие магния или меди обязательно, так как магний в *особенности способствует улучшению* механических свойств алюминиевого сплава после соответствующей тепловой *обработки и старения*, называемых „улучшением алюминиевого сплава". [2])

Дуралюминий можно разбить по химическому составу на следующие три главнейших группы сплавов, отличающиеся друг от друга и по своему назначению (см. таблицу):

Химический состав некоторых сортов *дуралюминия*.

№	Сплав [3])	Медь в %	Марганец в %	Магний в %	Алюминий в %
1	681 A; B 1/3; B и Z	3,5—5,5	0,75—1,0	≈0.5	Остаток
2	H	2,0—3,0	—	≈0,5	»
3	K	—	—	0,75—2,0	»

[1]) Предложен в 1903 г. Вильмом.

[2]) Мнения расходятся о главнейшем компоненте в дуралюминии, в особенности способствующем улучшению механических свойств после закалки и старения; есть утверждения что таким является Mg_2Si; серьезно обосновывают, однако, мнение, что основным фактором является соединение меди с алюминием — $CuAl_2$.

[3]) Марки сплава обозначены в соответствии с производством дуралюминия в Дюрене (Германия).

Сплавы позиции № 1 применяются главным образом для деталей, от которых требуются высокие механические свойства; они продаются ввиде прутков, профильного, листового и ленточного материала. Сплавы позиций №№ 2 и 3 в особенности пригодны для вытягивания (глубокого штампования) и для давильных работ.

Удельный вес дуралюминия по позициям № 1 и 2 $\approx$ 2,8, по позиции № 3 $\approx$ 2,6.

Дуралюминий широко применяется вследствие своих высоких механических свойств и малого веса, в самолетостроении, дирижаблестроении и автостроении. Дуралюминий применим также в качестве антифрикционного металла, — при условии обильной смазки и при работе по стали (трения дуралюминия по дуралюминию не следует допускать). В машиностроении дуралюминий применим для зубчатых колес и для различных деталей, от которых требуются легкость и хорошие механические свойства. Стойкость дуралюминия против окисления хуже, чем у алюминия; встречается иногда разрушение дуралюминия от коррозии, проникающей вглубь материала по границам кристаллов. Поэтому за границей существуют сорта листового дуралюминия с тонким покровом чистого алюминия.

Механические свойства дуралюминия зависят как от химического состава, так и от наклепа (от имеющихся напряжений в материале вследствие предыдущей деформации), тепловой обработки и сечения образцов. Ниже в таблице приведены средние значения механических свойств дуралюминия применительно к марке 681 А (химический состав см. таблицу выше). В графе „Состояние материала" указано обозначение степени жесткости, обусловленное наклепом. Меньшие значения механических свойств, указанные в таблице, относятся к толстым образцам, высшие — к тонким. Существуют сорта дуралюминия с лучшими свойствами, чем указаны в таблице. Механические свойства дуралюминия марки Н (см. таблицу хим. состава) характеризуются сопротивлением разрыву $\approx$ 35—36 *кг/мм²* при удлинении 25—26%, а марки К — сопротивлением разрыву $\approx$ 22 *кг/мм²* при удлинении $\approx$ 20%.

Механические свойства дуралюминия в зависимости от его предыдущей обработки

(марка 681 А).

Состояние материала	Сопротивление разрыву *кг/мм²*	Предел текучести (0,2%) *кг/мм²*	Удлинение в %	Твердость по Бринеллю (2,5/62,5/30)
Улучшенный . . .	38—41	25—27	18—20	117
Средней твердости .	42—45	31—33	12—15	124
Твердый	55—57	52—53	4—5	156—158

Промстандарт 63 ЦМЗ предлагает установить для прутков дуралюминиевых диаметром от 8 до 50 *мм* следующие минимальные механические свойства: для прутков 1-го сорта $\sigma_b \geqq 38$ *кг/мм²* при $\delta \geqq 15\%$; для 2-го сорта $\sigma_b \geqq 35$ *кг/мм²* при $\delta \geqq 10\%$. Эти механические свойства

относятся к дуралюминию следующего состава: Cu = 3,5 — 5,0%, Mn = 0,4 — 0,85%, Mg = 0,3 — 0,7%, Fe ≦ 1,0%, Si ≦ 1,0%, Al — остальное. Этот сплав не должен содержать цинка, олова и неметаллических примесей, которые допускаются только в виде следов и в общей сумме, — *не более 0,1%* (*размеры дуралюминиевых прутков по Промстандарт — см. отдел „сортаменты"*).

Модуль упругости, в зависимости от сорта, колеблется от 6500 до 7400 *кг/мм²*.

У дуралюминия существует очень четкая связь между сопротивлением разрыву и твердостью по Бринеллю H_B, остающаяся постоянной для различных состояний материала (в зависимости от тепловой обработки и наклепа), а именно: сопротивление разрыву $\approx 0{,}35 \times H_B$. Эта зависимость очень упрощает испытание *материалов, позволяя часто* ограничиваться только определением твердости по Бринеллю. Точно так же существует связь между сопротивлением срезыванию (важно для дуралюминиевых заклепок) и твердостью: сопротивление срезыванию $= 0{,}235 \times H_B$.

Механические свойства при высоких температурах заметно ухудшаются, начиная приблизительно с температуры + 150°, однако практически дуралюминий себя хорошо зарекомендовал в конструкциях, работающих при высоких температурах, например, в двигателях внутреннего сгорания. При значительном понижении температуры ниже комнатной механические свойства дуралюминия заметно улучшаются — увеличиваются сопротивление разрыву, предел пропорциональности, удлинение. Сопротивление усталости дуралюминия несколько выше мартеновской поделочной стали.

Улучшение дуралюминия. Под таким термином понимают процесс, *состоящий из нагрева до 500° (с допуском ± 20°), закалки в* воде и последующего старения примерно до 5 суток. Назначение этого процесса — улучшить механические свойства дуралюминия. Отливки из дуралюминия непригодны для улучшения; обязательно предварительное *разрушение кристаллов материала, получающихся при отливке*, и измельчение зерна путем ковки, прокатки, прессования. Нагрев производят в соляных ваннах (обязательно точное измерение температуры расплавленной соли термопарой), причем детали из дуралюминия не следует *опускать на дно ванны или соприкасать их со стенками*, во избежание их пережога. Пережог наступает уже при температурах выше 525°. Время нагревания (для тонких и мелких деталей около 15 минут, для тяжелых — около 45 минут) определяется временем прогревания детали *насквозь. После охлаждения в баке с водой*, установленном близ соляной ванны, следует тщательно очистить детали щетками от приставшей соли, так как иначе возможно разрушение материала от коррозии. Можно пользоваться для нагревания также и муфельными печами, но *при условии равномерного и правильного нагревания* (в указанных допусках) всех загруженных в муфель деталей. После закалки детали оставляют на несколько дней вылеживаться — стареть. После старения в течение пяти дней механические свойства получают практически наи*более высокое значение.* При улучшении тонких сосудов — вытяжек — нагрев следует производить в муфельных печах, а охлаждение — в струе воздуха, иначе тонкие вытяжки теряют свою форму.

Обработка дуралюминия. Обрабатываемость дуралюминия режущими инструментами хороша, значительно лучше чистого алюминия. При малых скоростях резания дуралюминий обрабатывается всухую, при очень больших применяют мыльную воду и эмульсии, при сверле-

ния глубоких отверстий — сурепное масло. Дуралюминий штампуется и вытягивается в сосуды и загибается в холодном состоянии; однако недопустимы слишком острые углы загибок. Недопустимо, чтобы радиус закругления у загибки был менее чем 2 до $2^1/_2$ толщин листа или полосы; в этом отношении дуралюминий уступает листовому железу. При таком закруглении можно производить загиб на 180°. При прокатывании, ковке, волочении или штамповании в холодном состоянии дуралюминий нужно отжигать значительно чаще чистого алюминия—при температуре 350—380°. Температура горячего штампования дуралюминия 470—480°; однако и при более низких температурах дуралюминий не становится чрезмерно хрупким. Нагрев можно производить как в муфельных печах, так и на открытом огне в подовых печах. Давление при горячем штамповании деталей из дуралюминия требуется значительно большим, чем для мягкой стали.

Лучшим способом соединения листового и фасонного сортового катаного дуралюминия является склепывание, причем заклепки должны быть также из дуралюминия; расклепывание может производиться в холодном состоянии. При расчетах заклепочных соединений из дуралюминия можно принимать сопротивление срезыванию в 27 *кг/мм*². Непосредственно перед заклепыванием заклепки следует нагреть (500°) и закалить в воде, процесс же старения будет происходить уже после установки заклепки на место и после расклепывания ее головки; если закалку производить на несколько дней раньше, головка заклепки расклепывается с большим трудом. Сваривать дуралюминий также можно, однако прочность соединения процентов на 50 меньше улучшенного материала (так как при нагреве получается отжиг материала). По тем же причинам паяние дуралюминия так же уменьшает прочность соединения и потому применяется редко. Для отливок дуралюминий почти не применяется (из-за невозможности произвести улучшения отливок, отлитых в песчаных формах); температура его плавления $\approx 650°$, температура разливки в формы $\approx 800°$.

Кольчугалюминий, изготовляемый в СССР (на Кольчугинском заводе), по своим свойствам и составу очень близок к дуралюминию. Его химический состав: магний = 0,5—0,6%, медь = 4—5%, никель = 0,2—0,6%, марганец = 0,3 — 0,5%, кремний до 0,4%, остальное — алюминий. Как и у дуралюминия, механические свойства кольчугалюминия могут быть улучшены тепловой обработкой с последующим старением материала; дальнейшее улучшение механических свойств может быть достигнуто путем гартования кольчугалюминия непосредственно после закалки.

Механические свойства кольчугалюминия.

Механические свойства	Отжиг	Закалка и старение	Закалка, гартование и старение
Сопротивление разрыву *кг/мм*² . .	19—22	35—42	45—59
Предел пропорциональности *кг/мм*²	5—8	19—24	35—48
Удлинение в %	15—20	15—22	14—5
Твердость по Бринеллю *кг/мм*² . .	50—60	90—100	100—150

Механические свойства кольчугалюминия

(по Промстандарт цвет. мет. 41).

Состояние материала	Сопротивление разрыву не менее *кг/мм²*	Удлинение не менее %
Образцы, нормально закаленные, толщиной 0,3—0,4 *мм*	36	15
То же толщиной 0,5 *мм* и выше . . .	38	15
Образцы *отожженные*	≧ 18 ≦ 25	12
Образцы закаленные и нагартованные, толщиной 0,3—0,4 *мм*	$\sigma_b + \delta \geqq 51$	5
То же толщиной 0,5 и выше	$\sigma_b + \delta \geqq 53$	5

Через пять дней после такой операции механические свойства достигают величин, указанных в таблице на стр. 383.

Механические свойства кольчугалюминия по Промстандарт цвет. мет. 41 приведены выше в таблице. Размеры образцов для испытания на *растяжение* представлены на рис. 141; величина удлинения для толщины от 0,3 до 0,5 *мм* определяется на длине $l = 50$ *мм*, для 0,6—3,0 — на длине $l = 100$ *мм*, для 3,5—5,0 *мм* на длине $l = 150$ *мм*.

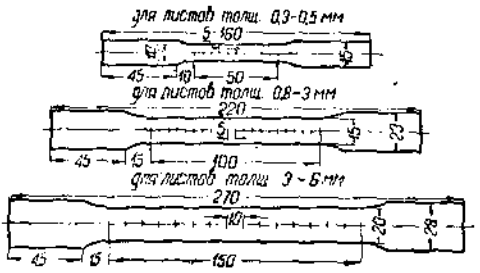


Рис. 141.

Электрон — магние-алюминиевый сплав, очень легкий (удельный *вес* 1,8—1,83). [1]) Превосходно обрабатывается режущими инструментами. Применяется в авто- и авиастроении, в качестве *литья* в опоках, кокилях и под давлением, в особенности там, где имеются возвратнодвижущиеся массы, например в моторостроении, в текстильном машиностроении, в станкостроении, в типографских машинах и пр. Состав для отливок: 4% алюминия, цинка ≈ 3%, марганца ≈ 0,2% — 0,5%, остальное — магний; цинк и *марганец не всегда вводят* в электрон. Механические свойства этого сплава (вне скобок цифры относятся к отливкам в земле, в скобках — в кокилях): $\sigma_s = 9-10$ *кг/мм²*, (9), $\sigma_b = 17-20$ *кг/мм²* (20—22); $\delta = 4-6\%$ (6—10), $H_B = 43-47$ (50—55). [2]) Для отливок под давлением применяется состав: 10% алюминия, остальное — магний (для отливки поршней добавляется еще 2—3% кремния).

[1]) Существуют сорта электрона также без алюминия.

[2]) *Электрон, подобно дуралюминию и пр.*, можно „улучшать" закалкой и последующим старением или отпуском, хотя эффект такой обработки не особенно значителен. Для „*улучшения*" *нужно* содержание алюминия не меньше 6% или цинка — не менее 2%. Закалка ведется при 400—420°.

Механические свойства электрона можно значительно улучшить прессованием или ковкой в горячем состоянии (250—400°). Прокатка листов из электрона производится при 270—350°. Сплав с 10% алюминия, 0,2—0,5% марганца, остальное — магний, в форме прутков, труб и профильного материала применяется для изготовления частей машин, подвержонных значительным усилиям. Его временное сопротивление разрыву 34—37 *кг/мм²*, удлинение 7—9%, твердость по Бринеллю—70 *кг/мм²*. Сплав с содержанием около 4—5% цинка, остальное магний (без алюминия), *применяется также в форме прутового и фасонного материала* для деталей машин общего назначения, главным образом для деталей массового производства, изготовляемых на автоматах и револьверных станках. Его временное сопротивление разрыву 25—27 *кг/мм²*, удлинение = 15—18%, твердость по Бринеллю = 45 *кг/мм²*; изделия из этого материала могут быть химически окрашиваемы в разные цвета. При обработке электрона снятием стружки следует иметь в виду, что мелкие стружки электрона легко воспламеняются; тушить их следует песком и ни в коем случае не водой.

Электрон превосходно обрабатывается режущими инструментами, почти как дерево, и допускает очень высокие скорости резания при применении быстрорежущей стали — до 250 *м/мин*.

Влияние состава и обработки электрона на его механические свойства. [1])

Состав в %		Обработка	σ_s	σ_b	δ
Mg	Al				
94	6	Отлитый	8,5	14—15	4,5—5
89	11		13,3	13—15	1
87	13		11,6	12	0,75
94	*6*	*Прокованный в холодном состоянии*	*26—27*	*29—31*	*7,5—8*
			18—23	25—28	11—12,5

Лауталь — тройной алюминиевый сплав с содержанием меди — 4%, кремния — 2%, остальное — алюминий торгового качества. Этот легкий сплав (уд. вес = 2,75) имеет значительную прочность. Применяется на Западе для металлических ферм при постройке самолетов и цеппелинов, в качестве поковок, штамповок и прокатанного материала в авио- и автостроении. Наибольшую прочность лауталь получает после закалки при 486 — 500° С и последующего нагревания в масляной ванне в течение 16 часов при 120 — 130° С. Временное сопротивление обработанного таким образом „нормального" лауталя от 38 *кг/мм²* до 42 *кг/мм²*, предел пропорциональности от 21 *кг/мм²* до 27 *кг/мм²*, удлинение — от 18 до 25%, твердость по Бринеллю (5/250/30) от 90 до 120. В отожженном состоянии (отжиг в *течение короткого времени при 350 — 400° С) лауталь особенно* пригоден для вытягивания (глубокого штампования); наклеп от вытягивания уничтожается отжигом при той же температуре. Свойства лауталя

[1]) По Атчисону (1923 г.)

в отожженном состоянии: временное сопротивление разрыву — 23 *кг/мм²*, удлинение от 20 до 28%, твердость по Бринеллю — 50 — 55 *кг/мм²*.

Силумин — литейный алюминие-кремниевый сплав. Содержание кремния = 12 — 14%, остальное—алюминий с обычной загрязненностью (0,4 – 0,6%) железом. Сплав в жидком расплавленном состоянии незадолго перед литьем (за 5 — 10 минут) облагораживается щелочным металлом (натрием или калием — до 0,2%). Температура литья 750 — 770°, *t* затвердевания — 570°. Применяется для отливок в опоках, в металлических формах и для литья под давлением в авто- моторо- и авиостроении для картеров, тормозных барабанов, цилиндровых крышек, водяных и масляных насосов, частей карбюраторов, колес и пр. Также применяется для арматуры электротехнических аппаратов, пылесосов, сельскохозяйственных машин, медицинских приборов и пр. Отливки из силумина отличаются плотностью и отсутствием раковин. Усадка (1,0 — 1,14%) силумина позволяет заливку в изделие из силумина более твердых частей из меди железа и бронзы. Временное сопротивление разрыву = 18 — 23 *кг/мм²*, предел упругости (0,001%) = 3,7 *кг/мм²*, предел текучести (0,2%) = 9 — 10 *кг/мм²*, удлинение = 5 — 10%, твердость по Бринеллю (10/300/30) = 60 *кг/мм²*, временное сопротивление разрыву при 200° = 16 *кг/мм²*.

Американский сплав — алюминиевый бинарный [1]) литейный сплав с содержанием 7 — 9% меди, остальное—алюминий. Железо при содержании выше 1%, свинец — выше 0,3% и магний — выше 0,2% вредно действуют на сплав. При изготовлении последнего медь вводится уже сплавленная с алюминием (50% Al+50% Cu). Свойства: удельный вес = = 2,85 – 2,9, коэфициент расширения от нагревания ≈ 0,000025, *t* плавления (в затвердевания) 640° (544°), *t* отливки 700 — 720°, усадка в песке 1,25% и кокилях — 1,40%, временное сопротивление разрыву = 12 — 18 *кг/мм²*, удлинение = 2 — 5%, твердость по Бринеллю = 63 — 68 *кг/мм²*. Для улучшения свойств иногда доводят содержание меди до 10 — 16%, вследствие чего уменьшается усадка, повышается сопротивление разрыву и твердость, но уменьшается удлинение. Твердость по Бринеллю также может быть повышена на 50 — 80% путем отжига в течение ½ — 1 часа при *t* = 500 — 520°, охлаждения в воде и последующего отпуска при *t*=130°. Обрабатывается режущими инструментами лучше, чем чистый алюминий. Его способность окисляться выше, чем у чистого алюминия. Применение — для деталей, от которых требуется прочность при высоких температурах. Для поршней автомобилей применяется сплав с 16% меди. Вследствие малой усадки американский сплав применяется для отливки в кокилях и для заливки в изделия железных частей.

Склерон — алюминиевый сплав состава: 12% цинка, 3% меди, 0,6% марганца, 0,5% кремния, 0,4% железа, 0,1% лития, остальное — алюминий. Применяется для изделий в виде пруткового и фасонного материала, листов для моторостроения и для точной механики. Его механические качества могут быть улучшены закалкой в воде с *t* = 475 ± 5° (при этой температуре прогревается от 0,5 до 3 часов) с последующим выдерживанием при обычной температуре. Модуль упругости = 7200 *кг/мм²*, временное сопротивление разрыву = 40 — 50 *кг/мм²*, удлинение = 10 — 15%, твердость по Бринеллю = 120 *кг/мм²*, удельный вес = 2,9 — 3. Отожженный склерон (при *t* = 285 ± 5° в течение 0,5 часа) имеет твердость по Бринеллю 70 и временное сопротивление разрыву 30 *кг/мм²*.

Алудур — алюминиевые сплавы следующего состава: алудур 533 (уд. вес = 2,65 — 2,70) — кремния 0,7 — 2,0%, магния 0,4 — 1,0%, железа

[1]) Дюйной.

0,3 — 0,5%, остальное — алюминий; алудур 570 (уд. вес = 2,75 — 2,85) — меди 2,5 — 5,5%, кремния 0,7 — 1,0%, магния 0,2 — 0,7%, железа 0,3 — 0,5%, алюминия — остальное. Применяется для электротехнических машин и аппаратов, в авто- авио-моторостроении. Отжиг производят при 350 — 400°; для улучшения свойств отжигают при 480 — 520°, затем охлаждают в воде, температура которой 20 — 100°, после чего отпускают при 130 — 160°; продолжительность отжига в зависимости от величины наклепа и состава колеблется от 10 до 30 часов. Свойства: алудур 533 после тепловой обработки: модуль упругости = 6400 *кг/мм²*, коэфициент расширения = 0,000020, твердость по Бринеллю (10/50/60) = 50 — 60 *кг/мм²*, сопротивление разрыву = 18 — 23 *кг/мм²*, удлинение = 25 — 28%. Алудур 570 после тепловой обработки: модуль упругости = 7000, твердость по Бринеллю = 90 — 130 *кг/мм²*, сопротивление разрыву = 38 — 46 *кг/мм²*, удлинение = 22 — 10%.

Немецкий сплав — алюминиевый сплав: меди 2 — 5%, цинка 8 — 12%, остальное — алюминий. При одновременном наибольшем предельном содержании меди и цинка ухудшаются литейные свойства сплава. Железо выше 1% ухудшает литейные свойства и ведет к образованию трещин; свинец выше 0,3% вызывает пористость в отливке. Свойства: уд. вес = 2,9 — 2,95; температура плавления ≈ 530°, температура отливки = 680 — 700°, усадка = 1,36% (при отливке в песке), 1,50% (в кокилях), сопротивление разрыву = 12 — 20 *кг/мм²*, удлинение = 1 — 5%, твердость по Бринеллю ≈ 65 *кг/мм²*, предел текучести (для отливки в песке) = 6 — 10 *кг/мм²*. После отжига (0,5 — 1 час) при 500 — 520°, охлаждении в воде и отпуске при 130°, твердость по Бринеллю повышается на 50 — 80%. Обрабатывается резцами значительно лучше чистого алюминия (всухую и с поливкой). Применение: вследствие сравнительно высокого значения предела текучести широко применяется в различных конструкциях, в особенности для деталей с переменной нагрузкой; не подходит для деталей, которые должны быть прочны при высоких температурах.

12. СПЛАВЫ ДЛЯ ОТЛИВОК ПОД ДАВЛЕНИЕМ В МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ФОРМАХ.

В настоящее время у нас и за границей распространен способ отливок небольших деталей на специальных станках в металлических разъемных формах, куда нагнетается расплавленный металл (Die casting, Spritzguss). Высокая точность, с которой выдерживаются размеры отливок (в некоторых случаях до 0,01 *мм*), быстрота (до 500 отливок в час) и дешевизна работы при значительном количестве отливаемых однотипных деталей составляют преимущества этого способа изготовления деталей. Описание станков для отливки можно найти в специальной литературе, здесь же приводятся лишь составы некоторых сплавов, которые оказались пригодными на практике (см. также выше алюминиевые сплавы).

Для отливки под давлением применяются главным образом лишь такие сплавы, которые имеют сравнительно невысокую температуру плавления, так как иначе очень затрудняется работа. Однако кроме указанных ниже сплавов, применяются также и латунные сплавы, имеющие температуру плавления до 800°.

Цинковые сплавы, обладающие свойствами с большой точностью передавать очертания металлической формы: 1) олова — 6%, меди — 3,5% алюминия — 1,25%, цинка — 89,25%; 2) меди — 3%, алюминия — 5% цинка 92%.

Сплав Zn — 87,5%, Sn = 8%, Cu = 4% и Al = 0,5% имеет температуру плавления 406°, $\sigma_b = 11,3$ *кг/мм²* и $\sigma_{сж} = 19,4$ *кг/мм²*; применяется для деталей с толщиной стенок не менее 1,5 *мм* и для отливки отверстий с ∅ не менее *0,8 мм*.

Оловянные сплавы, известные под названием баббита, применяющиеся для заливки подшипников, а также для частей, стойких против окисления водою и действия кислот: 1) олова — 87%, сурьмы — 7%, меди — 6%; 2) олова — 84%, сурьмы — 9%, меди — 7%; 3) олова — 78,5%, сурьмы — 13,25%, меди — 4,25%, свинца — 4%.

Оловянные *сплавы хорошо передают очертания формы* и имеют небольшую температуру плавления (до 230°) и небольшое сопротивление разрыву $\sigma_b \leq 5,5$ *кг/мм²*; толщина стенок отливок возможна не менее 0,8 *мм*. Минимальные диаметры *литых отверстий, так же, как и для цинковых* сплавов — 0,8 *мм*.

Свинцовые сплавы, также применяемые для подшипников, где скорость меньше и работа менее ответственна: 1) свинца — 25%, олова — 61,50%, сурьмы — 10,50%, меди — 3%; 2) свинца — 67,5%, олова — 17%, сурьмы — 15%, меди — 0,50%; 3) свинца — 84,5%, олова — 5%, сурьмы — 10%, меди — 0,50%. Наиболее *употребительны свинцовые сплавы с содержанием* свинца не менее 80%; их наивысшая температура плавления = 320°.

Алюминиевые сплавы [1]) вследствие сравнительно высокой температуры плавления (≈ 525°) начали применяться для отливки под давлением сравнительно недавно. Кроме высокой температуры, успешности работы вредит очень большая усадка сплава (вдвое большая, чем у чугуна), очень малая прочность застывшего металла при высоких *температурах* (вызывающая трещины при застывании, если во-время не вынуты из отливки пинки) и способность расплавленного алюминия растворять в себе почти *все химические элементы. Последнее свойство* алюминиевых сплавов часто заставляет отказаться от нагнетания расплавленного металла при помощи поршня и перейти к выдавливанию его в формы посредством *сжатого* воздуха (при 10 — 30 атм.). Алюминиевые сплавы отличаются разнообразием. Наибольшим распространением пользуется силумин, американский сплав: алюминия — 92%, меди — 8%, и немецкий сплав: алюминия — 88%, цинка — 10%, меди — 2%. Применяются алюминиевые сплавы, в противоположность цинковым, оловянным и свинцовым, там, где от изделий требуется значительная прочность.

В последние годы начали широко применяться для литья под давлением так же медные сплавы.

Точность отливок под давлением. Изделия из цинковых сплавов отливаются *в среднем с точностью до* ± 0,025 *мм, оловянные* до ± 0,01 *мм*, свинцовые до ± 0,02 *мм*, алюминиевые до ± 0,03 *мм*. Минимальная толщина стенок отливок, которой еще можно достигнуть, для свинцовых *сплавов* — 0,8 *мм*, для оловянных — 0,8 *мм*, для цинковых — 3,0 *мм* (у малых отливок также 1,5 *мм*), для алюминиевых — 2,0 *мм* (у малых отливок также 1,5 *мм*). Наибольшее число ниток на дюйм, которое еще может быть выполнено при отливке, для свинцовых сплавов — 24, для цинковых — 30, для оловянных — 34, для алюминиевых — 20. В последнем случае, при применении алюминиевых сплавов, когда нужна точная резьба со строгими допусками, приходится отливать деталь с некоторым припуском и уже потом нарезать на ней резьбу, внутренняя же резьба всегда изготовляется уже после отливки

---

[1]) См. также стр. 385—387.

13. БАББИТЫ.

Баббиты. [1]) Кроме указанной выше фосфористой бронзы (стр. 365) для вкладышей подшипников применяют целый ряд сплавов, отличающихся антифрикционными свойствами. Наибольшим распространением пользуются баббиты. Основные типы баббитов делятся на две группы — оловянистые и свинцовистые, в зависимости от основной примеси. Лучшие баббиты, пригодные для особо-тяжелой работы, имеют оловянную основу, при которой достигаются наивысшие антифрикционные свойства баббитов и их прочность при ударных нагрузках. Олово, однако, является *дорогим металлом*, импортирующимся из-за границы. Поэтому для менее тяжелых случаев работы следует применять более дешевые сорта баббитов, в которые олово входит в меньших количествах. [2]) Сурьма вводится в сплав с целью образования твердых структурных составляющих в сплаве, расположенных в мягкой основе (ср. со стр. 365), а также для увеличения твердости этой мягкой основы. Медь вводится в баббиты для устранения расслаивания отдельных составляющих в сплаве, для устранения местной ликвации, а так же для повышения твердости сплава. [3]) Ниже приведена табличка сортов баббитов по ОСТ 88. Б83 — самый дорогой — имеет наивысшие антифрикционные и литейные свойства; [4]) Б16 и другие баббиты в этих отношениях баббиту Б83 значительно уступают.

Кроме основных оловянистых и свинцовистых баббитов в последнее десятилетие главным образом в железнодорожном деле появились новые *марки баббитов, удешевленные по сравнению с оловянистыми и имеющие* свинцовую основу, но с хорошими свойствами. Очень известен германский Bahnmetall состава Ca = 0,57 — 0,77%, Na = 0,66 — 0,75%, Li = 0,04%, Pb — остальное. В СССР предложен для железнодорожной службы аналогичный сплав состава 0,8% Ca и 0,8% Na, остальное — Pb, пригодный для тяжелой работы при высокой нагрузке и малой нормальной скорости вращения. [5]) Для быстроходных машин он не пригоден. Его недо-

Нормальные баббиты
(по ОСТ 88). [6])

Условное обозначение марок	Составные элементы в %				Допустимые отклонения в содержании отдельных элементов в %				Примеси в %				
	Sn	Pb	Sb	Cu	Sn	Pb	Sb	Cu	Fe	Fe	As	Другие примеси каждой в отдельности	Общее содержание примесей
									Не более				
Б83	83	—	11	6	± 1	—	± 1	± 0,5	0,05	0,1	0,1	0,05	0,55[7])
Б40[8])	40	0	15	5	± 1	± 1	± 1	± 0,5	—	0,1	0,1	0,05	0,3
Б16	16[9])	15	15	3	± 1	± 1	± 1	± 0,25	—	0,1	0,1	0,05	0,3
Б10	10	72	15	3	± 0,5	± 1	± 1	± 0,25	—	0,1	0,1	0,05	0,5
БС	—	81,5	17	1,5	—	± 1	± 1	± 0,25	—	0,1	0,1	0,05	0,5

[1]) От имени Баббита, предложившего в 1839 г. сплав для заливки подшипников.

[2]) При организации и выборе марок баббитов ниже приводится стоимость некоторых из них по ценам 1932 г. Б83 — 2,0 руб., Б16 — 106 руб., БС — 67 руб., натр.-кальц. — 76 р.

[3]) См. А. М. Бочвар: „Исследование белых антифрикционных сплавов".

[4]) Баббит Б40, имеет наинизшую температуру плавления из оловянистых баббитов и имеет также хорошие свойства.

[5]) Натро-кальциевый баббит изготовляет Подольский баббитный и аффинерный завод (баббит 0,7 — 1% Na, 0,75 — 1,1% Ca, свинец — остальное).

[6]) Редакция 1932 г. (измененная против редакции 1927 г.).

[7]) Общее содержание примесей в баббите марки Б83, не считая примеси Pb, не должно превышать 0,50%.

[8]) Марка Б40 включена как опытная.

[9]) В баббите марки Б16 содержание олова не должно превышать содержания сурьмы.

статком является выгорание при переплавке кальция и натрия, что делает его негодным для дальнейшей службы, а также его плохое соединение с поверхностью вкладышей подшипников, что вынуждает делать в последних пазы в виде ласточкина хвоста.

Подбор марок баббитов для различных условий работы. Ниже помещена табличка, характеризующая свойства марок баббитов, включенных в ОСТ 88 (редакция 1932 г.), Эта табличка так же дает указания для подбора марок баббитов для различных случаев практики. Чтобы осуществить рациональный подбор, следует выяснить: 1) окружную скорость цапф v *м*/сек; 2) наибольшую возможную температуру рабочего слоя подшипника t°, и 3) удельное давление p *кг/см*². Произведение рабочих величин $p_{раб} \cdot v_{раб}$ должно составлять в нормальных условиях не более 20% величины, указанной в графе 12 таблицы. Если оказывается неизбежным принять величину $p_{раб} \cdot v_{раб}$ большей, чем 20% $p \cdot v$ (но не выше 35%), то требуется усиленная циркуляционная смазка; при еще меньшем запасе надежности (чем 5 или 3) необходима кроме того частая смена вкладышей. Для легких условий работы — $p \cdot v = 10$, облегченных условий работы — $p \cdot v = 20$, обыкновенных — $p \cdot v = 40$, утяжеленных — $p \cdot v = 100$ и очень тяжелых — $p \cdot v = 300$. Для характеристики условий работы подшипников слева приведена табличка, устанавливающая терминологию оценки условий работы подшипника.

Оценка качества / Оценка количества	Оч. низк.	Низкие	Пониженн.	Обыкновенный	Повышенн.	Высокие	Оч. высокие	Особо высокие
p *кг/см*²	2,5	5	10	25	50	75	100	125
v *м*/сек.	0,25	0,5	1	1,5	2,5	5	10	15

Для характеристики требуемой работоемкости баббитов следует предположенные *при работе p, v и t умножить* друг на друга; произведение следует сопоставить с наибольшей возможной работоемкостью баббитов, указанной в графе 14 таблицы. Нормальная рабочая температура баббитового слоя указана в гр. 6 таблицы.

Свойства марок баббитов, установленных ОСТ 88.

Марки баббита	Температуры: Критич. Верхн.	Критич. Нижн.	При закалке: Сплава	При закалке: Вкладыша	Рабочие: Норм.	Рабочие: Предельн. (опасн.) при $H_B = 12$	$H_Ц$ в кг/мм² при $p = 250$ кг, $d = 10$ мм: 17°	100°	Предельная наивысшая нагрузка	Характер нагрузки	Предельное произведение нагрузки на скорость	Условная окружная скорость м/сек	Работоемкость баббитов (сравнительная цифровая характеристика)
	$t_в$	$t_н$	$t_с$	$t_{вк}$	$t_{норм}$	$t_{пр}$			$p_{пр}$, кг/см²		$(p \cdot v)_{пр}$	$v_{усл} = \frac{(p \cdot v)_{пр}}{p_{пр}}$	$(p \cdot v)_{пр} \cdot t_{пр}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Б 83	351°	240°	400°	250°	60°	100°	30	13	100	Ударная	500	5	50 000
Б 40	417°	180°	470°	150°	60°	100°	30	12	100	Спок.	250	2,5	25 000
Б 16	429°	240°	480°	250°	60°	100°	30	13	100	Спок.	150	1,5	15 000
Б 10	435°	240°	480°	250°	50°	90°	28	11	75	Спок.	75	1	6 750
БС	414°	240°	470°	200°	40°	70°	22	6	40	Спок.	20	0,5	1 400

Примерное назначение нормальных баббитов.

Б83 — для наиболее ответственных подшипников с быстровращающимися валами при большой нагрузке, для паровозных дышл, бегунковых букс пассажирских паровозов, шатунов и главных подшипников тракторов, вкладышей дизелей, втулок электромоторов.

Б16 — для подшипников с быстровращающимися валами при большой нагрузке, для пассажирских и тяжелых паровозов, шпинделей токарных станков.

Б10 — для подшипников со средней и малой скоростью вращения валов при средней и малой нагрузке, для легких паровозов и пассажирских вагонов, вкладышей и втулок коробки скоростей тракторов.

БС — для подшипников с малой скоростью вращения валов при малой нагрузке, для товарных вагонов; допускает температуру нагрева в подшипниках не выше 50°.

Сплавы Б16—Б10 обладают хорошими механическими свойствами, более высокими (хотя и худшими, чем сплав Б83), чем смешанные оловянно, свинцовые сплавы, встречавшиеся ранее довольно часто; кроме того, нормальные сплавы значительно более дешевы. Пригодность всех пяти марок баббитов проверена практически.

Заливка баббита во вкладыши подшипников. Подлежащий заливке вкладыш погружается в кипящий едкий натр, хлористый цинк или другие составы для очистки поверхности, лудится оловом или свинцово-оловянным припоем (70% Sn + 30% Pb, или 50% Sn + 50% Pb) и промывается в кипящей воде. Полуда производится погружением вкладыша в расплавленный металл. Обычно лудят бронзовые вкладыши; чугунные вкладыши большею частью не лудят.

Нагревание и расплавление баббита желательно производить в тиглях; на поверхность расплавленного металла следует насыпать слой порошкообразного древесного угля или мелкой древесной стружки от пил. Перед заливкой не следует особенно перегревать баббит. Температуру заливки баббита и температура подогрева вкладышей подшипников указана в таблице на стр. 390. После заливки баббита во вкладыш и затвердения иногда охлаждают окончательно вкладыш в воде; во всяком случае не следует допускать чересчур медленного охлаждения баббита. Чтобы не допустить пористой заливки, залитый во вкладыши баббит следует помешать проволокой.

Внутрь вкладыша перед заливкой вставляется оправка, диаметр которой несколько меньше диаметра вала, для которого предназначается подшипник. Рекомендуется уплотнить заливку после ее остывания—для разъемных вкладышей — ударами молотка, для цельных — прогнать через вкладыш на ручном верстачном прессе коническую оправку; наибольший диаметр конической оправки должен быть меньше окончательного диаметра в отверстии вкладыша, чтобы остался припуск на обработку отверстия разверткой.

Изготовление нормальных баббитов. Если на заводе не имеется чушек или брусков готовых баббитов, полученных со стороны, то баббиты следует сплавлять не из чистых сплавов в указанном выше на стр. 389 соотношении, но сплавлять из следующих промежуточных сплавов.[1]) Б83 можно составлять из трех сплавов: 1) 68,65% Sn + 31,35% Cu, 2) 95% Sn + 5% Sb и 3) 50% Sb + 50 Sn; баббиты Б16 также сплавляются из трех сплавов: 1) 68,65% Sn + 31,35% Cu, 2) 50% Sb + 50% Sn, 3) 80% Pb + 10% Sb + 10% Sn. Баббит БС следует сплавлять из чистой

[1]) По данным А. А. Бочвар.

сурьмы и двух сплавов. 1) 87% Pb + 13% Sb и 2) 48,5% Sb + 51,5% Cu. Как видно из перечня промежуточных сплавов, некоторые из них пригодны для нескольких марок баббитов, вследствие чего их выгодно иметь на складе. При составлении окончательной шихты нужно руководствоваться как составом промежуточных сплавов, так и готовых баббитов.

Излом правильно изготовленных баббитов должен быть мелкозернистым, однородным, с блестящим серебристым оттенком для Б16—Б10, и свинцово-серым для БС.

Крупнозернистый излом служит признаком слишком медленного остывания как вследствие перегрева при расплавлении, так и чрезмерно сильного предварительного подогрева вкладышей. Перегрев при расплавлении баббита сказывается также в синем или землистом оттенке поверхности отливки из баббита.

14. ЛЕГКОПЛАВКИЕ СПЛАВЫ.

Легкоплавкие сплавы в металлообработке применяются для изготовления моделей и шаблонов (при производстве штампов — например, приведенный ниже сплав матрикс), для заливки гравировки (например, металл Вуда), для измерения размеров и контуров внутренних полостей в деталях, недоступных для измерительного инструмента (путем заливки внутрь детали, как в форму, металла и последующего измерения отливки) и пр.

Ниже приведена таблица свойств наиболее часто применяемых сплавов.

№	Сплав	Химический состав в %					Врем. сопротивл. $кг/мм^2$ σ_b	Удлинение δ %	Твердость по Бринеллю H_B	Температура плавления
		Bi	Pb	Sn	Cd	Sb				
1	Свинцовый .	—	90,0	—	—	10,0	8,220	17	17	252°
2	» .	—	85,0	—	—	15,0	9,000	11,7	17	246°
3	Линотип . .	—	84,0	4,5	—	11,5	11,700	9,0	21	246°
4	Стереотип . .	—	80,2	6,5	—	13,0	12,000	4,0	22	242°
5	Припой . . .	—	60,0	40,0	—	6890	6890	117,0	11,8	240°
6	» . .	—	50,0	50,0	—	6400	6400	96,0	11,1	216°
7	Матрикс . . .	48,0	28,5	14,5	—	9,0	13000	1,0	19	120°
8	Эвтектика тройного сплава . .	52	32	16	—	—	—	—	—	96°
9	Вуда	50,0	26,7	13,3	10,0	—	5990	140,0	9,2	70°

15. БИМЕТАЛЛ.

Биметалл представляет собою черный металл (обычно железо), поверхность которого покрыта цветным металлом (медь, латунь, алюминий, нейзильбер); биметалл существует в виде проволоки, лент и листового материала. Назначением биметалла является экономия цветных металлов; биметалл может быть применен в тех случаях, когда не

обязательно изготовление детали целиком из цветного материала, но возможна только облицовка детали цветным материалом для придания красивой внешности или для предохранения детали от коррозии. В СССР биметаллическая проволока, листы и ленты изготовляются на заводах

Механические свойства проволоки из биметалла.

Испытание \ Диаметр проволоки	4	3	2,5	2,0	1,5	1,0
Разрывное усилие σ_b *кг/мм²*	55—73	60—78	62—78	64—80	70—85	66—95
Удлинение δ%	1—3,5					
Число изгибов при ∅ закругления 10 *мм*	7—13	6,5—14	8—16	13—18	13—20	14—24
Число навертываний на соответств. диаметр	2—4					

Кольчугинском и „Красный выборжец". Биметаллическая проволока в настоящее время в СССР изготовляется от 0,2 до 7 *мм*, прутки ∅ 6, 7 и 8 *мм*, причем обычно соотношение по весу — 60% железа и 40% цветного материала. Для сердцевины проволоки применяется железо с 0,05 — 0,17% C, 0,16 — 0,27% Mn, 0,06 — 0,03% Si. Механические свойства проволоки из биметалла приведены выше в табличке.

Биметаллические листы делаются толщиной 0,3; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1,0; 1,2; 1,5; 2,0 *мм*, большей частью с 10% содержанием цветного металла. Сопротивление разрыву листов от 30 до 40 *кг/мм²* при удлинении не ниже 24%. Вязкость листов при испытании на приборе Эриксена при толщине листов от 0,3 до 0,8 *мм* характеризуется глубиной лубка не менее 8 *мм*. Ленты готовятся шириной от 10 до 250 *мм* и толщиной от 0,15 до 2 *мм*.

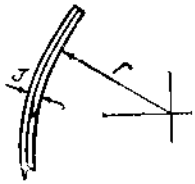


Рис. 142.

Биметаллом также называют металлические ленты, спаянные или сваренные из двух слоев с разным коэфициентом расширения при нагревании, применяющиеся для автоматических регуляторов температуры и пр. Обычно биметаллические ленты составляют из двух лент никелевой стали с различным содержанием никеля и поэтому с различным коэфициентом расширения. При нагревании такие биметаллические ленты сгибаются в дугу (рис. 142). Кривизна ленты в зависимости от нагревания $= \frac{1}{r} = \frac{K}{s}$, т. е. обратно пропорциональна толщине ленты; величина K зависит от сорта материала и температуры.

16. ПЛАСТИЧЕСКИЕ МАССЫ

В последние годы в СССР и за границей получают чрезвычайно широкое распространение различные сорта пластических масс — в качестве *материала для деталей, изготовлявшихся ранее из металла (эти массы* начали применяться еще до войны). Сортов пластических масс очень много (в настоящее время насчитывается свыше 200 сортов).

Бакелит[1]) является одним из наиболее распространенных сортов пластических масс; он представляет собою искусственную смолу, изготовляемую из продуктов карболовой кислоты (составной части каменноугольной смолы) и *формальдегида (составной части древесной смолы)* — из фенолальдегида. Эта масса особенно ценна своим свойством при нагревании сначала становиться пластичной, а затем, при дальнейшем подводе тепла и при давлении, — затвердевать и оставаться в твердом состоянии неизменной при следующих нагревах. Преимуществом пластических масс является дешевизна изготовления из них деталей сложной формы (при серийном и массовом производстве, когда окупается стоимость штампа), так как при одном нажиме пресса получается деталь (или несколько деталей — в зависимости от штампа) со сравнительно высокой точностью (в среднем, если учитывать при изготовлении штампа усадку деталей, с точностью до 0,1 *мм*), передающая все очертания штампа; наружная поверхность деталей из пластических масс может быть получена очень гладкой, блестящей с любой окраской, достигаемой прибавлением соответствующего красителя. Блестящая наружная поверхность на деталях очень долговечна, так как поверхностная твердость бакелита предохраняет его от царапин.

Бакелит и другие пластические массы получают распространение в электротехнике (также в качестве изолирующих веществ) и в общем машиностроении, например для всевозможных рукояток, крышек, тормозных колодок, уплотнительных колец, седел для велосипедов, подшипников, пропеллеров, фрикционных муфт, шкивов для ременной передачи, частей пишущих машин, текстильных машин, автомобилей, для зубчатых колес и пр. Пластические массы следует применять там, где, помимо экономической выгоды, определяемой в каждом отдельном случае калькуляцией, оказывается желательным получить малый вес изделий или заменить дефицитные металлы.

Прессование бакелита производится следующим образом: хорошо перемешанный порошок массы[2]) по мерке насыпается в матрицу штампа, подогреваемую или электричеством или паром, приблизительно от 160° до 180°, после чего производится нажим на массу прессом с очень большим давлением, не меньшим, чем 150 *кг/см²*, а для некоторых типов масс — не меньше 300 *кг/см²*. Поэтому при больших размерах изготовляемых деталей, чтобы выдержать очень высокие давления (50—100—200 *т* и выше), приходится штампам придавать очень громоздкие размеры. При прессовании можно запрессовывать в массу металлические детали. Весь процесс прессования, в зависимости от размера детали, занимает время от 3 до 25 минут.

Для удешевления массы и для придания деталям необходимых механических свойств, в массу *включают различные наполнители*, например, древесную муку или опилки, льняные волокна или материю или асбест (такие массы очень распространены за границей) и пр. (при прес-

---

[1]) Названо именем изобретателя американца Baekeland, предложившего 25 лет тому назад искусственные смолы указанного в тексте состава.

[2]) Получается в СССР по заявкам из Союзхимпластмасс и непосредственно от заводов, *изготовляющих массы.*

совании фенолальдегида без примесей получаются детали, напоминающие по внешнему виду янтарь).

Текстолит (бакелит с запресованным полотном). В особенности улучшает механические свойства деталей из пластических масс запрессовывание полотна или бумаги.[1]) Последние предварительно пропитываются растворенным в спирту фенолальдегидом, накладываются слоями друг на друга и спрессовываются при надлежащем давлении и температуре. Получающиеся пластинки, вследствие внутренней связи между слоями, отличаются высокой прочностью. Особенно распространено применение текстолита для изготовления зубчатых колес, которые предназначаются для сцепления с металлическими колесами. Такие зубчатые передачи работают бесшумно даже и при больших числах оборотов и в особенности пригодны для работы с сильными толчками и ударами. Зубчатые колеса из текстолита нечувствительны к воде, маслу и теплоте, возникающей при работе передачи, и имеют малый износ, главным образом вследствие высокой твердости основного материала. Зубцы на заготовках колес изготовляются обычным способом — фрезерованием (есть предложения изготовлять зубчатые колеса — вместе с зубцами — только прессованием).

Свойства бакелита колеблются в зависимости от свойств наполнителя. В помещенной ниже табличке приведены основные данные о механических свойствах бакелитовых масс, — текстолита (полотняного бакелита) и пертинакса (бумажного бакелита). Из таблички (см. ниже) видно, что механические свойства довольно высоки по сравнению с хо-

Механические свойства бакелитовых изделий

Механические свойства	Бакелит с древесной мукой	Пертинакс	Текстолит
Сопротивление разрыву σ_b *кг/мм²*	3,5—7,5	7—10	9—17,5
Сопротивление изгибу σ_u *кг/мм²*	5—10	12—18	10—17
Сопротивление сжатию $\sigma_{сж}$ *кг/мм²*	18—20	20—35	20—30
Сопротивление удару на изгиб *кг/мм²*	4—9,6	25—45	35—80
Твердость по Бринеллю (∅ 5 *мм*, $P = 50$ *кг*, 10 сек) *кг/мм²*	30—38	30—35	33—38
Удельный вес	1,3—1,4	1,32—1,4	1,32—1,4
Теплопроводность k cal/*м* час°	0,12—0,15	0,12—0,15	0,12—0,15

[1]) Бакелит с запресованной бумагой носит название пертинакса.

довыми металлами. Удельный вес очень мал — бакелит почти в два раза легче алюминия.

Обрабатываемость режущими инструментами бакелита с наполнителями не хороша, главным образом из-за влияния волокнистых и порошкообразных наполнителей. Бакелитовые массы сверлятся, в них можно нарезать резьбу, их можно шлифовать и полировать. Текстолит обтачивается, фрезеруется, сверлится, в нем нарезается резьба, штампуется большей частью при тощине листов до 3 *мм*.

17. СТОИМОСТЬ НЕКОТОРЫХ МАТЕРИАЛОВ.

Стоимость некоторых материалов на мировом рынке[1]) приведена ниже (в переводе на рубли в золоте). Так как цифры стоимости отдельных материалов подвержены значительным колебаниям, таблица может дать лишь общее представление об относительной стоимости материалов. Цифры стоимости относятся к 100 *кг* материала.

Материал	Стоимость в золотых рублях		Материал	Стоимость в золотых рублях	
	Р.	К.		Р.	К.
Чугун литейный	2	15	Бронзовые отливки . .	70	—
Чугун „ (древесн. уг.)	3	60	Бронза фосфористая, прутки	73	—
Сталь поделочная . . .	6	28	Серебрянка	74	—
Сталь хорошо обрабатывающаяся	7	25	Алюминиевые отливки .	80	—
Свинец	10	—	Высокосортные алюминиевые сплавы (силумин и пр.)	148	—
Медь обыкновенная . .	25	—	Никель	150	—
„ электролитическая	29	—	Быстрорежущая сталь (18% W)	208	—
Латунь автоматная . .	32	—	Стеллит	1150	—
Латунные отливки . . .	50	—			
Алюминий	63	—			

[1]) Лондон, 1 яв. 1932 г.

VIII. ПАЯНИЕ

Терминология. Паяние — технологический процесс, предназначенный для соединения деталей друг с другом или для устранения их дефектов, производимый посредством нанесения на детали расплавленного металла — припоя.

Припаивание или спаивание — процесс соединения деталей при помощи паяния.

Запаивание — устранение дефектов на деталях — раковин, пустот, черновин, при помощи паяния.

Напаивание — наращивание металла для устранения маломерности деталей при помощи паяния.

Спайка — место соединения двух спаянных деталей.

Припой — сплав, необходимый для заполнения швов и пустот при паянии.

Флюс — вещество, служащее для удаления окислов с поверхности деталей, предназначенной для паяния.

Паяние слабыми припоями *производится в тех случаях, когда спайка* может быть не особенно прочной. Слабые припои представляют собою обычно сплавы олова со свинцом. Чистое олово (без свинца) не применяется из-за его дороговизны и из-за большой сложности пайки; чистый свинец (без олова) не применяется вследствие большой текучести (плохо заполняет шов) и плохого соединения с металлом деталей. Припой получается очень плохого качества, если он содержит чрезмерно много свинца или следы цинка или сурьму. Цинк делает припой густым, очень плохо заполняющим шов; сурьма делает припой блестящим, но при ее значительном количестве припой становится очень хрупким и густым. Медь, алюминий, железо и сера также вредно действуют на качество припоя. Поэтому на состав припоя следует обращать серьезное внимание. Наиболее часто применяемые составы слабых припоев остированы (см. ОСТ 2983, стр. 398).

Самый легкоплавкий оловянно-свинцовый сплав (эвтектоидный) имеет 67% олова и 33% свинца; начало и конец затвердевания этого сплава *181°. Температуры затвердевания нескольких оловянно-свинцовых сплавов* приведены в табличке (стр. 399). Прибавлением висмута и кадмия можно еще дальше снизить точку плавления (см. стр. 335), однако такие сплавы с висмутом и кадмием плохо соединяются с металлом деталей, вследствие чего применяются очень редко. Припой с 33% олова и 67% свинца называется крепким третником, слабым третником — припой с 67% олова и 33% свинца, обыкновенным — с 60% олова и 40% свинца.

В качестве флюса для слабых припоев применяется чаще всего хлористый цинк, получаемый от растворения в соляной кислоте цинка. Последний накладывается в сосуд с соляной кислотой до тех пор, пока не перестанет растворяться. Полученную жидкость рекомендуется несколько минут прокипятить с цинковыми стружками, чтобы устранить остатки соляной кислоты, не соединившейся с цинком (свободная кислота разрушает детали). Кроме хлористого цинка применяют также в качестве флюса так наз. паяльную кислоту — хлористый цинк, в который добавлено немного толченого нашатыря (на 16 частей растворенного

Припои оловянисто-свинцовые
(по ОСТ 2983).

Марки и их обозначение	Химический состав в %					Примерное назначение
	Sn		Примеси			
	Нормальн. состав	Допуск	Sb не более	Всего не более	Pb	
П—ОС—25	25	± 1	1,5	2	Остальное	Для паяния свинцовых труб и т. п.
П—ОС—33	33	± 1	1,5	2	Остальное	Для паяния цинковых и оцинкованных листов, кабельных свинцовых пластин. Для паяния в строительном и жестяном деле.
П—ОС—50	50	± 1	1,5	2	Остальное	Для паяния листов из латуни и белой жести; для электротехнических целей, например в производстве электросчетчиков.
П—ОС—64	64	± 1	1,5	2	Остальное	Для легкоплавких металлических предметов.
П—ОС—90	90	± 1	1,5	2	Остальное	Для особого употребления, обусловленного гигиеническими и медицинскими требованиями; для пищевой промышленности.

1. Обозначение отдельных марок оловянисто-свинцовых припоев произведено по содержанию в нем олова: знак П означает слово припой, знак ОС оловянисто-свинцовый, цифра — процент олова.

2. Припои поставляются по весу в виде прутков; размеры прутков указываются в заказе.

3. Припои не должны обнаруживать механических примесей посторонних веществ.

цинка добавляется 10 частей нашатыря). Если выпарить раствор, то образуется белая соль — хлористый цинк — аммоний, который следует хранить в банках с притертой пробкой. Перед употреблением эту соль следует растворить в дестиллированной, дождевой или кипяченой воде — на 1 часть соли 3 части воды.

Паяльная кислота прекрасно очищает поверхность деталей, однако, если после паяния деталь не освобождена от нее (варкой в содовом растворе), то на железных деталях может образоваться ржавчина, на латунных — зеленый налет.

Для деталей, которые после паяния нельзя очистить от флюса, применяют такие флюсы, которые не вызывают окисления. К их числу принадлежат так наз. паяльный жир — мазь из канифоли (5 вес. частей), к которой в расплавленном виде прибавляют сала (5 вес. частей) и толченого нашатыря (1 ч.), а также тиноль и пр. Эти составы наносятся палочкой на место спайки; их применение очень просто, однако не всегда надежно, так как от нагревания они часто распадаются на составные части, которые вызывают медленное окисление. Единственным флюсом, не вызывающим окисления, является канифоль. Однако раствор канифоли в спирту может также вызвать позеленение медных сплавов; поэтому лучше применять канифолевый флюс не жидким, а в виде мази.

Марки	Температура начала	Температура конца затвердевания
П—ОС—25	265°	181°
П—ОС—33	250°	181°
П—ОС—50	208°	181°
П—ОС—90	206°	181°

Паяние производится следующим образом: место спайки двух парных деталей очищается при помощи напильников и наждачного полотна, после чего детали накрепко соединяют друг с другом, смазывают флюсом, накладывают на шов небольшой кусочек припоя и направляют на него пламя газовой горелки. От нагревания сначала испаряется флюс, затем расплавляется припой, затекающий в шов. После этого пламя отстраняют и дают спайке остыть, пока не затвердеет припой; это обнаруживают по помутнению припоя. Спаянный предмет чистят щеткой при помощи аммиачной воды или кипятят в содовом водяном растворе (для нейтрализации кислот).

Паяние можно также производить при помощи паяльника — в тех случаях, когда опасаются перегреть детали. Паяльник отковывается из красной меди; его кончик нужно вылудить, т. е. покрыть тонким слоем олова, иначе паяльник очень скоро износится. Перед паянием кончик паяльника нагревают в горне (на древесных углях) или на газовом пламени, после чего быстро зачищают кончик напильником, погружают в паяльную кислоту или натирают куском нашатыря и вжимают в оловянный припой, который расплавляется и пристает к паяльнику, на самом его кончике образуя каплю. После этого паяльником трут очищенный от окислов и смазанный флюсом шов, вследствие чего припой с паяльника затекает в шов. Паяльник не следует нагревать докрасна, иначе полуда сгорает, и паяльник скоро износится. Размеры паяльника подбирают в зависимости от величины деталей и размеров спайки, чтобы паяльник не остывал до окончания работы.

Существуют паяльники как для нагревания на углях, так и газовые и электрические. Последние очень удобны для работы в таких мастерских, где не допускается копоть и грязь (например в точной механике), расходуют сравнительно немного энергии (50 — 100 ватт) и нагреваются (у кончика) до 300—400°.

Паяльники употребляются только для слабых припоев. Слабыми припоями паяют железо, медные сплавы, нейзильбер, константан, свинец, однако ими нельзя спаивать алюминий и чугун. Спайка слабыми припоями получается тем крепче, чем тоньше слой припоя между спаянными деталями, так как излом происходит обычно в припое.

Паяние крепкими припоями производится в тех случаях, когда желают получить крепкую спайку, стойкую в отношении прочности и при высоких температурах. Крепкие припои обычно состоят из латунных и серебряных сплавов. Латунные припои состоят из меди и цинка, причем при паянии латунных деталей содержание цинка в припое должно быть выше, чем в материале деталей. Точно также, если нужно сделать несколько спаек на одном куске, то для первой спайки применяют припой с меньшим содержанием цинка, для второй спайки — с большим его содержанием и так далее. Припои медно-цинковые по ОСТ 2984 приведены ниже. Температура плавления двух медно-цинковых сплавов приведена слева в табличке. Серебряные припои (ОСТ 2982 см. стр. 402) более текучи в расплавленном состоянии, вследствие чего применяются для сложных паяльных работ по латуни (с содержанием 58% меди и более), меди, бронзе и пр.; кроме того, серебряные припои стойки против окисления и дают очень прочную спайку.

Марки	Температура плавления
II—МЦ—42	820°
II—МЦ—51	850°

В особенности серебряные припои пригодны для ответственных спаек, как, например, в самолетостроении, в бензинопроводах, подвергающихся вибрации, и пр. Спайки серебряным припоем часто бывают прочнее материала спаянных деталей. Для понижения температуры плавления серебряного припоя иногда прибавляют кадмий. Наиболее употребительны серебряные припои с содержанием от 12 до 45% серебра. В качестве флюса для крепких припоев всегда применяется бура. Последняя предварительно пережигается (для обезвоживания), охлаждается и толчется в порошок. Спаиваемые детали присыпаются этим порошком или смазываются бурой, смоченной водой до густоты каши. В первом случае порошкообразную буру нужно подогреть, чтобы выпарить из нее кристаллическую воду, иначе при нагревании она будет отскакивать от спаиваемых деталей и выталкивать припой.

Паяние твердыми припоями производят пламенем газовой горелки или в горне (без применения паяльника).

Паяние чугуна. Чугун можно паять крепкими (латунными) припоями, однако предварительно — перед паянием — желательно удалить со спаиваемых чугунных поверхностей листочки графита, имеющиеся в сером чугуне и препятствующие соединению латунного припоя с чугунной деталью; удаление (частичное) графитных зерен можно осуществить обдувкой песком. Вместо удаления графита чугун также покрывают тонким слоем железа — посредством так называемого чугунного паяльного порошка, разбавленного водой, которым обмазывают место спайки. Чугунный паяльный порошок представляет собою смесь мелкого железного порошка с небольшим количеством буры. Без специальных средств для создания железных спаиваемых поверхностей на чугунных деталях можно производить паяние при помощи припоев, содержащих марганец и олово, хорошо соединяющихся с металлами, богатыми углеродом, например припоем: $Cu = 57-60\%$, $Zn = 38-41\%$, $Fe \approx 1,0\%$, $Mn \approx 0,5\%$, $Sn \approx 1,0\%$.

Припои медно-цинковые
(по ОСТ 2984).

Марки и их обозначения	Химический состав в %						Примерное назначение
	Cu		Примеси			Zn	
	Нормальн. состав	Допуск	Fe не более	Pb не более	Всего не более		
П—МЦ—36	36	± 2	0,05	0,5	1,5	Остальное	Для паяния латуни, содержащей 60% и более меди.
П—МЦ—42	42	± 2	0,05	0,5	1,5		
П—МЦ—51	51	± 2	0,05	0,5	1,5	Остальное	Для паяния латуни и медных сплавов, содержащих меди 67% и выше, а также для меди и бронзы.
П—МЦ—65	65	± 2	0,05	0,5	1,5	Остальное	Для паяния железа.

1. Обозначение отдельных марок медно-цинковых припоев произведено по содержанию наиболее ценной составной части — меди. Знак П означает слово припой, знак МЦ — медно-цинковый, цифра — % меди.

2. По величине зерна припои разделяются на: a) мелкие — с величиной зерна от 1 до 3 *мм*; b) крупные — с величиной зерна от 3 до 5 *мм*.

3. Зерна припоя марок П—МЦ—36 и 42 должны обладать нормальным серым цветом, зерна марок П—МЦ—51 и 65 — желтым цветом и не должны обнаруживать признаков окисления. В припоях не должно быть механических примесей посторонних веществ.

Паяние алюминия представляет большие трудности по сравнению с паянием других металлов. В качестве припоя применяют иногда обыкновенную цинковую жесть или сплавы цинка с алюминием (до 20% Al).

По авто-авиа 114 для алюминия рекомендуются перечисленные ниже припои, применяемые на заводах авиационной и автомобильной промышленности СССР, имеющие температуру плавления от 150 до 250°. При работе с этими припоями флюсов не нужно. Паяние ведется при помощи этих припоев следующим образом: алюминиевую деталь чистят напильником или шабером, моют в бензине и нагревают пламенем паяльной лампы; когда введенная в пламя палочка припоя начнет течь, алюминиевую поверхность еще раз чистят напильником или скребком, не удаляя пламя. Когда на деталь припой стек в достаточном количестве, пламя удаляют, и под припоем снова скоблят скребком поверхность

Припои серебряные

(по ОСТ 2982).

Марки и их обозначен.	Химич. состав в %							Примерное назначение
	Ag		Cu		Примеси		Zn	
	Норм. сост.	Допуски	Норм. сост.	Допуски	Pb не более	Всего не более		
П—Ср—10	10	± 0,3	53	± 1	0,5	1	Остальное	Для паяния примусных горелок.
П—Ср—12	12	± 0,3	36	± 1	0,5	1	•	Для паяния латуни с содержан. меди 58% и более.
П—Ср—25	25	± 0,3	40	± 1	0,5	1	•	Для более тонких работ, когда требуется чистота места спайки.
П—Ср—45	45	± 0,5	30	± 0,5	0,3	0,5	•	Для паяния медных и бронзовых частей.
П—Ср—65	65	± 0,5	20	± 0,5	0,3	0,5	•	Для паяния ленточных пил.
П—Ср—70	70	± 0,5	26	± 0,5	0,3	0,5	•	Для паяния проводов в тех случаях, когда места спайки не должны *резко уменьшать* электропроводность.

1. Обозначение отдельных марок *серебряных припоев произведено* по содержанию наиболее ценной составной части — серебра. Знак П означает слово припой, знак Ср — серебряный, цифра — процент серебра.

2. Серебряные припои поставляются по весу в виде: зерен размером от 1 до 3 *мм* для припоев марок П—Ср—10, П—Ср—12 и П—Ср—25, полос и прутков с размерами, указанными в заказе для остальных марок.

3. Припои не должны обнаруживать признаков окалины и не должны содержать механических примесей посторонних веществ.

4. Температура плавления наиболее употребительных серебряных сплавов приведена на стр. 403 детали, чтобы удалить с нее окисленный

слой, всплывающий на поверхность припоя в виде мелких стружек.

При применении других типов припоев требуется применять флюсы. Флюсом служат хлористый цинк с порошкообразным нашатырем, разведенные спиртом в виде кашицы; этим флюсом смазывают шов. Флюс должен быть совершенно безводным, иначе возникнет окисление спайки, препятствующее спаиванию.

Марки	Температура плавления
П — Ср — 12	785°
П — Ср — 25	765°
П — Ср — 45	720°

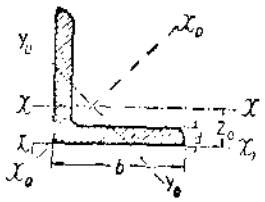
Припои для алюминия.

№	Название припоя	Химический состав в %				
		Zn	Sn	Al	Cd	Фосфорн. олово
1	Авиа СССР № 1 . . .	25	55	—	20	—
2	Авиа СССР № 2 . . .	25	40	15	20	—
3	Авиа СССР № 1 . . .	33	63	1	—	3
4	Sn I Бюро Станд. С. Шт.	8	78	9	5	—

IX. СОРТАМЕНТ МЕТАЛЛОВ

1 СОРТАМЕНТ ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ.

1. Фасонные прокатанные металлы.



Железо угловое равнобокое (по ОСТ 14).

№№ профилей	Размеры в мм				Площадь сечения F см²	Теор. вес пог. метра кг	Расстоян. центра тяжести z_0 см	Моменты инерции				Момент сопротив. W_x см³
	b	d	R	r				J_{x_1} см⁴	J_x см⁴	J_{x_0} см⁴	J_{y_0} см⁴	
2	20	3	3,5	1,75	1,12	0,88	0,60	0,793	0,392	0,6185	0,1651	0,29
		4			1,45	1,14	0,64	1,080	0,492	0,7710	0,2124	0,36
2,5	25	3	4	2	1,43	1,12	0,72	1,535	0,798	1,262	0,3333	0,45
		4			1,86	1,46	0,76	2,084	1,012	1,597	0,4273	0,58
3	30	4	4	2	2,26	1,77	0,88	3,59	1,824	2,884	0,764	0,83
		5			2,77	2,17	0,92	4,54	2,183	3,440	0,925	1,05
3,5	35	4	5	2,5	2,67	2,10	1,00	5,64	2,954	4,68	1,227	1,18
		5			3,28	2,57	1,04	7,13	3,564	5,64	1,493	1,45
4	40	4	6	3	3,08	2,42	1,12	8,33	4,47	7,09	1,859	1,55
		5			3,79	2,97	1,16	10,54	5,43	8,59	2,263	1,91
		6			4,48	3,52	1,20	12,78	6,31	9,98	2,654	2,25
4,5	45	5	6,5	3,25	4,30	3,37	1,28	14,95	7,87	12,48	3,27	2,44
		6			5,09	4,00	1,32	18,11	9,19	14,55	3,84	2,89
		7			5,86	4,60	1,36	21,31	10,43	16,47	4,39	3,32
5	50	5	7	3,5	4,80	3,77	1,40	20,43	10,96	17,38	4,55	3,04
		6			5,69	4,47	1,44	24,74	12,85	20,34	5,35	3,61
		7			6,56	5,15	1,48	29,10	14,62	23,10	6,13	4,15
6	60	6	8	4	6,91	5,42	1,69	42,5	22,84	36,15	9,53	5,3
		7			7,98	6,26	1,73	49,9	26,05	41,30	10,82	6,1
		8			9,03	7,09	1,77	57,4	29,16	46,15	12,16	6,89

№№ профилей	Размеры в *мм*				Площадь сечения F *см*²	Теор. вес пог. метра *кг*	Расстоян. центра тяжести z_0 *см*	Моменты инерции				Момент сопротив. W_x *см*³
	b	d	h	r				J_{x_1} *см*⁴	J_x *см*⁴	J_{x_0} *см*⁴	J_{y_0} *см*⁴	
6,5	65	6	8	4	7,51	5,89	1,81	54,0	29,36	46,60	12,14	6,05
		8			9,83	7,72	1,89	72,9	37,66	59,70	15,63	8,17
		10			12,07	9,47	1,97	92,1	45,20	71,50	19,03	9,98
7,5	75	8	10	5	11,47	9,00	2,13	110,9	58,9	93,33	24,40	10,97
		10			14,11	11,08	2,21	140,2	71,2	112,7	29,70	13,46
		12			16,67	13,09	2,29	170,0	82,6	130,3	34,86	15,85
8	80	8	10	5	12,27	9,63	2,25	134,6	72,5	114,6	30,40	12,61
		10			15,11	11,86	2,34	170,0	87,2	138,6	35,80	15,41
		12			17,87	14,03	2,41	205,8	102,0	160,7	43,26	18,25
9	90	10	11	5,5	17,13	13,45	2,58	241,0	127,0	201,3	52,5	19,78
		12			20,29	15,93	2,66	291,5	148,0	234,4	61,4	23,27
		14			23,37	18,35	2,74	342,6	167,8	265,4	70,3	26,60
10	100	10	12,5	6,25	19,17	15,05	2,82	328,7	176,3	280,0	72,7	24,55
		12			22,73	17,84	2,90	397,6	206,4	327,0	85,7	29,07
		14			26,21	20,57	2,98	467,0	234,5	371,0	97,6	33,40
		16			29,61	23,24	3,05	538,0	262,0	412,5	112,0	37,61
12	120	10	13	6,5	23,18	18,20	3,31	567	313,5	497	130,0	36,08
		12			27,54	21,62	3,40	685	367,0	584	150,4	42,67
		14			31,82	24,98	3,48	804	419,0	666	172,0	49,18
		16			36,02	28,28	3,55	924	470	743	197,3	55,62
13	130	10	13,5	6,75	25,20	19,78	3,56	721	402	640	163,5	42,58
		12			29,96	23,52	3,64	870	473	751	195,7	50,53
		14			34,64	27,19	3,72	1021	541	858	224,6	58,62
		16			39,24	30,80	3,80	1172	606	960	251,6	65,86
14	140	12	14	7	32,37	25,41	3,89	1086	596	947	245,0	58,95
		14			37,45	29,40	3,97	1273	683	1084	281,3	68,09
		16			42,45	33,32	4,05	1462	765	1215	315,8	76,88
15	150	12	14	7	34,77	27,29	4,14	1336	740	1177	302,9	68,13
		14			40,25	31,60	4,22	1565	849	1349	349,4	78,75
		16			45,65	35,84	4,30	1796	952	1513	391,7	88,97
		18			50,97	40,01	4,38	2029	1054	1674	433,6	99,24

Допуски для равнобокого углового железа.

а) В ширине полок $\pm$ 3%.

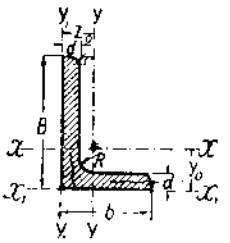
б) В толщине полок:

1) при ширине полок до 50 *мм* включит. $\pm$ 0,50 *мм*
2) „ „ „ свыше 50 до 100 *мм* $\pm$ 1,0 „
3) „ „ „ „ 100 „ 150 „ $\pm$ 1,5 „

в) В длине углового железа:

1) с нефрезерованными концами длиной до 4 *м* + 50 *мм*
2) „ „ „ „ свыше 4 „ + 100 „
3) с фрезерованными „ + 10 „

Примечание. Измерение толщины и ширины полок должно производиться на расстоянии 700 *мм* от конца угольника.



Железо угловое неравнобокое (по ОСТ 15).

№№ профилей	Размеры в *мм*					Площадь сечения F *см*²	Теоретич. вес пог. метра *кг*	Расст. центра тяжести		Моменты инерции				Момент сопротивления	
	B	b	d	R	r			x_0 *см*	y_0 *см*	J_{x_1} *см*⁴	J_{y_1} *см*⁴	J_x *см*⁴	J_y *см*⁴	W_x *см*³	W_y *см*³
3/2	30	20	3	3,5	1,75	1,42	1,11	0,50	0,99	2,66	0,802	1,267	0,447	0,63	0,23
			4			1,85	1,45	0,54	1,03	3,58	1,101	1,597	0,561	0,81	0,38
4,5/3	45	30	4	5	2,5	2,87	2,25	0,74	1,47	11,95	3,584	5,74	2,03	1,9	0,9
			6			4,17	3,27	0,81	1,55	18.16	5,590	8,08	2,83	2,74	1,29
6/4	60	40	6	7	3,5	5,69	4,47	1,01	1,99	42,6	12,84	20,06	7,07	5,0	2,36
			8			7,41	5,82	1,08	2,07	57,3	17,63	25,50	8,91	6,42	3,05
7,5/5	75	50	6	8	4	7,21	5,66	1,20	2,43	84,6	24,75	42,2	14,33	8,32	3,77
			8			9,43	7,40	1,28	2.51	111,4	33,77	51,9	18,27	10.4	4,91
			10			11,57	9,08	1,36	2,59	140,2	43,20	62,5	21,84	12,73	6,0
8/4	80	40	6	8	4	6,9	5,4	0,88	2,84	100,6	12,88	44,8	7,52	8,68	2,41
			8			9,03	7,09	0,96	2,93	135,0	17,89	57,5	9,55	11,34	3,14
			10			11,07	8,69	1,01	3,01	169,7	23,30	69,1	11,36	13,84	3,81
9/6	90	60	8	9	4,5	11,45	8,99	1,48	2,95	192,0	57,6	92,1	32,65	15,22	7,2
			10			14,09	11.06	1,56	3,04	241,4	73,4	111,4	39,30	18,69	8,85
10/6,5	100	65	8	9	4,5	12,05	9,93	1,56	3,28	263,5	73,2	127,1	42,5	18,91	8,6
			10			15,59	12,24	1,64	3,37	331,0	93,0	154,3	51,2	23,27	10,53
			12			18,45	14,48	1,72	3,45	399.1	113,4	179,9	59,1	27,46	12,38
12/8	120	80	10	11	5,5	19,13	15,02	1.95	3,92	570,0	170,7	275,6	98,2	34,12	16,23
			12			22,69	17,81	2.03	4,00	686.0	207,5	323.0	114 3	40,35	19,14
			14			26,17	20,54	2.10	4,08	804.0	245,2	368,4	129,8	46,51	22,00
13/9	130	90	10	12	6	21,15	16,60	2,18	4,15	727,7	241,4	358,4	140.9	40,49	24,65
			12			25,11	19,71	2,26	4.24	871,1	292,9	419,7	164,7	47,91	24,43
			14			28,99	22,76	2,34	4,32	1020.2	345,5	479,2	186,8	55,20	28,04
15/10	150	100	12	13	6,5	28,74	22,56	2.42	4,89	1335,8	399,9	648,6	231,6	64,15	30,53
			14			33,22	26,08	2,50	4,97	1563,8	471,2	743,2	263,6	74,09	35,14
			16			37,62	29,53	2,57	5,05	1792,6	543,9	833,3	294,9	83,74	39,69
16,8	160	80	12	13	6,5	27,54	21,62	1,77	5,72	1620.0	208,5	719,0	122,0	69,94	19,56
			14			31,82	24,98	1,85	5,80	1896,0	247,6	823,0	138,6	80,68	22,53

Допуски для неравнобокого углового железа.

а) В ширине полок = 1%.

б) В толщине полок:

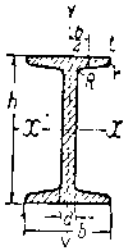
1) при ширине больших полок до 50 *мм* включительно ± 0,5 *мм*
2) „ „ „ „ свыше 50 „ до 100 *мм* включ. ± 1,0 „
3) „ „ „ „ „ 100 „ „ 160 „ „ ± 1,5 „

в) В длине углового железа:

1) с нефрезерованными концами длиной до 4 *м* + 50 *мм*
2) „ „ „ свыше 4 „ + 100 „
3) с фрезерованными „ + 10 „

Уклон внутренних граней полок 14%

Примечание. Измерение толщины и ширины полок должно производиться на расстоянии 700 *мм* от конца уголника.



Железо двутавровое

(по ОСТ 16).

№№ профилей	Размеры в *мм*						Площадь сечения F *см*²	Теоретич. вес погонн. метра *кг*	Моменты инерции		Моменты сопротивлен.	
	h	*b*	*d*	*t*	*R*	*r*			J_x *см*⁴	J_y *см*⁴	W_x *см*³	W_y *см*³
10	100	57,0	4,5	6,3	4,5	2,7	11,03	8,659	180,4	16,1	36,1	5,65
12	120	63,4	5,1	7,1	5,1	3,1	14,34	11,257	334 4	25,2	55,7	7,95
14	140	69,8	5,7	7,9	5,7	3,4	18,08	14,194	569,0	37,7	81,3	10,80
16	160	76,2	6,3	8,8	6,3	3,8	22,26	17,474	909,0	54,3	113,6	14,25
18	180	82,6	6,9	9,6	6,9	4,1	26,87	21,093	1381,0	75,9	153,4	18,40
20	200	89,0	7,5	10,4	7,5	4,5	31,91	25,049	2014,0	103,1	201,4	23,24
22	220	95,4	8,1	11,3	8,1	4,9	37,38	29,343	2843,0	137,5	258,5	28,83
24	240	101,8	8,7	12,1	8,7	5,2	43,29	33,983	3903,0	180,0	325,0	35,36
26	260	108,2	9,3	13,0	9 3	5,6	49,68	38,960	5234,0	231,0	403,0	42,75
28	280	114,6	9,9	13,9	9,9	5,9	56,40	44,274	6878,0	293,0	491,0	51,10
30	300	121,0	10,5	14,7	10,5	6,3	63,61	49,934	8881,0	366,0	592,0	60,50
32	320	127,4	11,1	15,5	11,1	6,7	71,25	55,931	11092,0	452,0	706,0	70,90
36	360	140,2	12,3	17,2	12,3	7,4	87,82	68,939	17544,0	668,0	975,0	95,30
40	400	153,0	13,5	18,9	13,5	8,1	106,13	83,312	26087,0	954,0	1304,0	124,70
45	450	170,0	16,2	24,3	16,2	9,7	147,00	115,000	45888,0	1722,0	2040,0	203,00

Допуски для двутаврового железа.

а) В толщине:

1) при высоте балок до 100 *мм* включительно ± 0,75 *мм*
2) „ „ „ свыше 100 до 200 *мм* включ. ± 1,0 „
3) „ „ „ „ 200 *мм* ± 1,5 „

б) В ширине:

1) при высоте балок до 100 *мм* включительно — 2,0 *мм* и + 0,75 *мм*
2) „ „ „ свыше 100 до 200 *мм* включ. — 3,5 „ и + 1,0 „
3) „ „ „ „ 200 *мм* — 4,5 „ и + 1,5 „

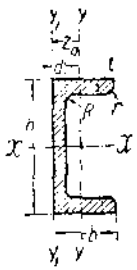
в) В высоте:

1) при высоте балок до 100 *мм* включительно — 1,0 *мм* и + 2,0 *м*
2) „ „ „ свыше 100 до 200 *мм* включ. — 1,5 „ и + 3,0 „
3) „ „ „ „ 200 *мм* — 2,0 „ и + 4,0 „

г) В длине:

1) для балок с нефрезерованными концами длиной до 6,5 *м* + 50 *мм*
2) „ „ „ „ „ свыше 6,5 „ + 100 „ *м*
3) „ „ „ фрезерованными „ + 10 „

Примечание. Измерение ширины и толщины полок производится на расстоянии 700 *мм* от конца балки.



Железо корытное

(швеллерное)

(по ОСТ 17).

№№ профилей	Размеры в *мм*						Площадь сечения F *см*²	Теоретич. вес. пог. метра *кг*	Расстояние центра тяж. z_0 *см*	Моменты инерции			Моменты сопротивления	
	h	*b*	*d*	*t*	*R*	*r*				J_{y_1} *см*⁴	J_x *см*⁴	J_y *см*⁴	W_x *см*³	W_y *см*³
5	50	38	5	7,5	7,5	3,75	7,47	5,86	1,41	24,2	27,57	9,44	11,03	3,942
6,5	65	42	5,5	8	8	4	9,62	7,55	1,43	34,8	59,9	14,98	18,43	5,42
8	80	45	6	9	9	4,5	11,85	9,30	1,53	48,4	113,9	20,9	28,5	7,02
10	100	50	6	9	9	4,5	13,92	10,93	1,60	65,6	213,2	30,16	42,62	8,86
12	120	55	6,5	9,5	9,5	4,75	17,26	13,55	1,65	92,0	367,18	44,9	61,9	11,67
14	140	60	7	10,5	10,5	5,25	20,92	16,42	1,80	132,2	624,0	64,5	89,2	15,35
16	160	65	7,5	11	11	5,5	24,92	19,56	1,86	175,6	954,0	89,0	119,2	19,20
18	180	70	8	12	12	6	29,26	22,97	2,01	239,6	1433,0	121,0	159,2	24,26
20	200	75	8,5	12,5	12,5	6,25	33,93	26,64	2,08	306,0	2018,0	159,2	202,0	29,40
22	220	80	9	13,5	13,5	6,75	38,94	30,57	2,23	402,0	2831,0	207,8	257,8	36,00
24	240	85	9,5	14	14	7	44,28	34,76	2,30	499,0	3773,0	264,0	314,4	42,60
26	260	90	10	15	15	7,5	49,95	39,21	2,45	635,0	5045,0	334,0	388,0	51,00
30	300	100	11	16,5	16,5	8,25	62,30	48,91	2,68	957,0	8261,0	510,0	557,0	69,70

1. Уклоны внутренних граней полок 8%.

2. Для судостроения прокатывают швеллера №№ 18—30 с более толстыми стенками, с интервалами через 1—2 *мм* до двойной нормальной толщины.

Допуски для корытного железа.

а) в толщине:

1) для высоты до 100 *мм* включительно . . . ± 0,75 *мм*
2) „ „ свыше 100 „ до 200 *мм* включит. . ± 1,0 „
3) „ „ „ 200 „ . . . ± 1,5 „

б) в ширине:

1) для высоты до 100 „ включительно . . . — 2,0 „ и +0,75 *мм*
2) „ „ свыше 100 „ до 200 *мм* включит. . — 3,5 „ и +1,0 „
3) „ „ „ 200 „ . . . — 4,5 „ и +1,5 „

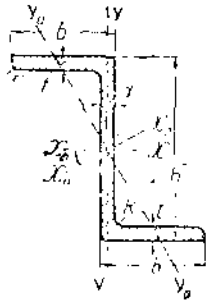
в) в высоте:

1) для высоты до 100 „ включительно . . . — 1,0 „ и +2,0 „
2) „ „ свыше 100 „ до 200 *мм* включит. . — 1,5 „ и +3,0 „
3) „ „ „ 200 „ . . . — 2,0 „ и +4,0 „

г) в длине:

1) с нефрезерованными концами длиной до 6,5 *м* . . + 50 *мм*
2) „ „ свыше 6,5 „ . . + 100 „
3) с фрезерованными „ . . + 10 „

Примечание. Измерение ширины и толщины полок производится на расстоянии 700 *мм* от концов швеллера.



Номера зетового железа по русскому метрическому нормальному сортаменту, совпадающие с основными размерами зетового железа (по ОСТ 29, см. стр. 410).

$$b = 0{,}25\ h + 30\ мм;\ d = 0.035\ h + 3\ мм;\ t = 1{,}5\ d;\ R = t;\ r = \frac{t}{2}.$$

№№ профилей	Размеры в *мм*						Площадь сечения F *см*²	Теоретич. вес пог. метра *кг*	Моменты инерции				Моменты сопротивления		Угол накл. α оси x к оси x_0	$tg\ \alpha$
	h	b	d	t	R	r			J_x *см*⁴	J_y *см*⁴	J_{x_0} *см*⁴	J_{y_0} *см*⁴	W_{x_0} *см*³	W_{y_0} *см*³		
6	60	45	5	7,5	7,5	3,75	9,18	7,21	50,0	37,4	62,0	25,37	12,67	12,42	35°0′	0,70
8	80	50	6	8,5	8,5	4,25	12,51	9.82	120,3	57,4	135,6	42,1	24,4	14,57	23°51′	0,44
10	100	55	6,5	9,5	9,5	4,75	16,01	12,57	241,1	85,6	22,4	64,4	40,9	18,74	19°7′	0,35
14	140	65	8	11,5	11,5	5,75	24,74	19,42	719	169,8	759	130,7	91,4	30,24	14°27′	0,23
20	200	80	10	15	15	7,5	41,72	32,75	2448	411,2	2535	324	224,5	58,6	11°28′	0,20

Железо специальных профилей для строительства
(по ОСТ 29).

Наименование	Размеры поперечного сечения в *мм*			
	a	*b*	*c*	*d*
1. Зетовое железо	60	45	5	7,5
	80	50	6	8,5
	100	55	6,5	9,5
	140	65	8	11,5
	200	80	10	15,0
2. Тавровое железо				
а) высокое	25	25	3	3,25
	40	40	5	5
	50	50	6	6
	75	75	8	8
б) низкое	60	30	6	6
	80	40	7	7
	100	50	9	9
3. Колонное (квадрантное) железо	50	35	4	6
	75	40	6	8
	100	45	8	10
4. Железо Вотерена	257	180	12	8
	305	1.6	12,5	6,5
5. Железо Зоре	200	90	8	4,5
	262	115	9	5,0
6. Сегментное железо	12	4		
	18	5		
	25	8		
	40	8		
	40	14		
	50	12		
	50	18		
7. Полукруглое железо	12	6		
	18	9		
	25	12,5		
	40	20		
	50	25		
8. Оконное железо *двухстороннее*	30	18	5	
	40	21	5	
	50	25	6	
9. Оконное железо одностороннее	30	11,5	5	
	40	13,0	5	
	50	15,5	6	
10. Овальное железо	15	7		

Сталь для напильников

(по ОСТ 319).

мм

Сечение стали		Длина напильников (условная) в									
		75	100	125	150	200	250	300	350	400	450
	b	9	12	15	18	22	26	30	35	40	45
	h	3	3,5	4	5	6	8	9	10	11	12
	b	—	12	15	18	22	26	30	35	40	45
	h	—	4	5	6	7	9	10	11	12	13
	b	—	4	5	6	8	11	13	16	19	22
	b	—	4	5	6	8	10	13	16	19	22
	b	—	9	11	13	15	18	21	24	27	30

Допускаемые отклонения от номинальных размеров *b* и *h*:

для размера	*b*	от	4	до	12 *мм*	включ.	+ 0,6 *мм*
„ „	*b*	„	13	„	24 „	„	+ 1,0 „
„ „	*b*	„	26	и выше			+ 1,5 „
„ „	*h*	„	3	до	3,5 „	„	+ 0,4 „
„ „	*h*	„	4	„	6 „	„	+ 0,5 „
„ „	*h*	„	7	и выше			+ 0,6 „

Овальность круглой стали — в пределах допуска.

Сталь для специальных напильников

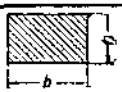
(по ОСТ 2001).

мм

Сечение стали		Длина напильников (условная)									Напильники
		100	150	200	250	300	350	400	450	500	
	b	12	18	22	26	30	—	—	—	—	Ножевочные
	h	3,5	5	6	7	8	—	—	—	—	
	b	12	18	22	26	—	—	—	—	—	*Мечевые*
	h	3,5	5	6	7	—	—	—	—	—	
	b	12	18	22	26	—	—	—	—	—	Овальные $h_1 = \frac{1}{3} h$ $h_2 = \frac{2}{3} h$
	h	3,5	5	6	7	—	—	—	—	—	
	b	—	18	22	26	—	—	—	—	—	Плоские с овальными ребрами
	h	—	3	4	7	—	—	—	—	—	
	b	—	—	—	—	—	32	35	38	40	Брусовки
	b	—	—	22	26	—	—	—	—	—	Рашпили сапожные
	h	—	—	6	8	—	—	—	—	—	
	h_1	—	—	4	6	—	—	—	—	—	
	b	—	—	—	—	—	40	45	45	—	Рашпили конные
	h	—	—	—	—	—	7	8	8	—	

Допускаемые отклонения от номинальных размеров b, h и h_1:

Для размера b 12 *мм* . . . . . + 0,6 *мм*
" " b 18 и 22 *мм* . . . . . + 1,0 "
" " b 26 *мм* и выше . . . . . + 1,5 "
" размеров h и h_1 до 3,5 *мм* включ. . . . . + 0,4 "
" " h и h_1 от 4 до 6 *мм* включ. . . . + 0,5 "
" " h и h_1 " 7 *мм* и выше . . . . . + 0,6 "



Сталь чистотянутая для шпонок
(по ОСТ 300).
мм

Номинальн. разм.		Допускаемые отклонения				Вес одного пог. прутка *кг*
		в ширине *b*		в высоте *h*		
b	*h*	*b* наиб.	*b* наим.	*h* наиб.	*h* наим.	
3	3	3,04	3	3,15	3	0,07
4	4	4,05	4	4,15	4	0,13
5	5	5,05	5	5,15	5	0,20
6	5	6,05	6	5,15	5	0,24
8	6	8,05	8	6,15	6	0,38
10	7	10,06	10	7,20	7	0,56
12	8	12,06	12	8,20	8	0,77
14	9	14,06	14	9,20	9	1,00
16	10	16,06	16	10,20	10	1,27
18	11	18,07	18	11,25	11	1,58
20	12	20,07	20	12,25	12	1,91
24	14	24,07	24	14,25	14	2,66
28	16	28,07	28	16,25	16	3,55
32	18	32,09	32	18,30	18	4,57
36	20	36,09	36	20,30	20	5,70

При исчислении веса 1 пог. *м* прутка удельный вес принят равным 7,85.

2. Прутки круглые, квадратные и шестигранные.

Железо круглое [1])

(по ОСТ 8) [2])

Диаметр *d мм*	Площадь поперечного сечения *F мм²*	Теоретический вес 1 пог. метра *кг*	Диаметр *d мм*	Площадь поперечного сечения *F мм²*	Теоретический вес 1 пог. метра *кг*
9,5	71	0,56	16	201	1,58
10	79	0,62	17	227	1,78
11	95	0,75	18	254	2,00
12	113	0,89	19	284	2,23
13	133	1,04	20	314	2,47
14	154	1,21	21	346	2,72
15	177	1,39	22	380	2,98

[1]) Редакция 1931 г.
[2]) Ориентировочная стоимость стали (цены 1931 г.)

I. Ориентировочная стоимость подделочной Златоустовской круглой стали точной калибровки (холодной волоченой с содержанием C = 0,2 — 0,5%)

∅ 5 *мм* . . . 0,98 руб./*кг*
∅ 10 „ . . . 0,67 „ „
∅ 15 „ . . . 0,49 „ „
∅ 20 „ . . . 0,37 „ „

II Ориентировочная стоимость подделочной Ижевской стали катаной с тепловой обработкой

∅ 6 *мм* . . . 0,89 руб./*кг*
∅ 10 „ . . . 0,71 „ „
∅ 15 „ . . . 0,51 „ „
∅ 20 „ . . . 0,49 „ „

Диаметр *d мм*	Площадь поперечного сечения *F мм²*	Теоретический вес 1 пог. метра *кг*	Диаметр *d мм*	Площадь поперечного сечения *F мм²*	Теоретический вес 1 пог. метра *кг*
23	415	3,26	50	1964	15,41
24	452	3,55	52	2124	16,67
25	491	3,85	55	2376	18,65
26	531	4,17	58	2642	20,74
27	573	4,49	60	2827	22,20
28	616	4,83	65	3318	26,05
30	707	5,55	70	3848	30,21
32	804	6,31	75	4418	34,68
33	855	6,71	80	5027	39,46
34	908	7,13	85	5675	44,55
36	1018	7,99	90	6362	49,94
38	1134	8,90	95	7088	55,64
39	1195	9,38	100	7854	61,65
40	1257	9,87	110	9503	74,60
42	1385	10,88	120	11310	88,78
45	1590	12,49	130	13273	104,20
48	1810	14,21	140	15394	120,84
			150	17672	138,72

1. При исчислении теоретического веса погонного метра принят уд. вес 7,85 *кг/дм³*.

2. Нормальная длина прутков круглого железа—от 4 до 6 *м*. При заказах могут оговариваться строго определенные длины, но не более следующих:

При диам. от 9,5 *мм* до 32 *мм* . . . . . 12 *м*
" " " 33 " " 50 " . . . . . 9 "
" " " 52 " " 75 " . . . . . 8 "
" " " 80 " " 110 " . . . . . 7 "
" " " 120 " " 150 " . . . . . 5,5 *м*

Примечание. По соглашению сторон наибольшие длины могут быть увеличены:

Для железа диам. от 9,5 до 40 *мм* . . . . . до 18 *м*
" " " " 80 " 100 " . . . . . 7,5 *м*

3. Допускаются следующие отклонения по диаметру:

1) Для железа обычной точности прокатки:

При диам. от 9,5 *мм* до 20 *мм* включит. . . . . ± 0,5 *мм*
" " свыше 20 *мм* . . . . . ± 3%

Разность между наибольшим и наименьшим диаметрами в одном сечении (допуск на овальность) не должна превышать:

2) Для железа повышенной точности прокатки:

При диам. от	9,5	до	30	*мм*	вкл.	. . . . .	±	0,3	*мм*
„ „ „	32	„	50	„	„	. . . . .	±	0,5	„
„ „ „	52	„	80	„	„	. . . . .	±	1,0	„
„ „ „	85	„	100	„	„	. . . . .	±	1,25	„
„ „ „	110	„	120	„	„	. . . . .	±	1,50	„
„ „ „	130	„	150	„	„	. . . . .	±	2,0	„

Разность между наибольшим и наименьшим диаметрами в одном сечении (допуск на овальность) не должна превышать:

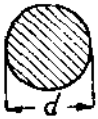
При диам. от	9,5	до	30	*мм*	вкл.	. . . . .	0,3	*мм*
„ „ „	32	„	50	„	„	. . . . .	0,5	„
„ „ „	52	„	80	„	„	. . . . .	1,0	„
„ „ „	85	„	100	„	„	. . . . .	1,25	„
„ „ „	110	„	120	„	„	. . . . .	1,50	„
„ „ „	130	„	150	„	„	. . . . .	2,0	„

Примечание. При оговоренности в заказе допускаемые отклонения могут быть для следующих диаметров изменены для возможности нанесения дюймовой резьбы:

Для диам. 25 *мм*	. . . . .	+ 0,4 *мм*	— 0,2 *мм*
„ „ 28 „	. . . . .	+ 0,5 „	— 0,1 „
„ „ 50 „	. . . . .	+ 0,8 „	— 0,2 „

Допускаемые отклонения для оговоренной в заказе длины:

При длине до 4 *м* вкл.	. . . . .	+ 50 *мм*
„ „ свыше 4 *м*	. . . . .	+ 100 „



Проволока железная (стальная) обыкновенная (по ОСТ 529).

d диаметр *мм*	Допускаемые отклонения *мм*	Теорет. вес 1000 погонн. метров *кг*	*d* диаметр *мм*	Допускаемые отклонения *мм*	Теорет. вес 1000 погонн. метров *кг*
0,16	± 0,01	0,16	0,50	± 0,025	1,54
0,18	„	0,20	0,55	„	1,86
0,20	„	0,25	0,60	„	2,22
0,22	„	0,30	0,65	„	2,60
0,24	„	0,36	0,70	„	3,02
0,26	„	0,42	0,80	± 0,04	3,95
0,28	„	0,48	0,90	„	4,99
0,31	± 0,015	0,59	1,00	„	6,17
0,34	„	0,71	1,2	± 0,06	8,88
0,37	„	0,84	1,4	„	12,10
0,40	± 0,025	0,99	1,6	„	15,80
0,45	„	1,25	1,8	„	20,00

d диаметр *мм*	Допускаемые отклонения *мм*	Теорет. вес 1000 погонн. метров *кг*	*d* диаметр *мм*	Допускаемые отклонения *мм*	Теорет. вес 1000 погонн. метров *кг*
2,0	± 0,08	24,70	5,5	± 0,12	186,00
2,3	„	32,60	6,0	„	222,00
2,6	„	41,70	6,5	„	260,00
3,0	„	55,50	7,0	„	302,00
3,5	± 0,10	75,50	7,5	„	347,00
4,0	„	98,60	8,0	± 0,15	395,00
4,5	„	125,00	9,0	„	499,00
5,0	± 0,12	154,00	10,0	„	617,00

1. Настоящий стандарт распространяется на торговую стальную проволоку, изготовляемую заводами без определенного целевого назначения и *обращающуюся на рынке под названием „железная проволока“*.

2. На проволоку стальную определенного назначения, как то: проволока канатная, пружинная и др., частично существуют другие стандарты.

3. Сортамент относится как к светлотянутой проволоке, так и к проволоке отожженной, оцинкованной, луженой или с иным покровным слоем. Указанные в таблице допуски *по диаметрам относятся к проволоке* без покровного поверхностного слоя.

Проволока железная катанная

(по ОСТ 2577).

Круглая			Круглая		
d диаметр *мм*	площадь поперечного сечения *мм*²	теорет. вес погонн. метра *кг*	*d* диаметр *мм*	площадь поперечного сечения *мм*²	теорет. вес погонн. метра *кг*
5,0	19,63	0,1541	7,0	38,48	0,302
5,5	23,76	0,1865	7,5	44,18	0,347
6,0	28,27	0,222	8,0	50,27	0,395
6,5	33,18	0,260	9,0	63,62	0,499

1. Настоящий стандарт распространяется на горячекатанное круглое железо (проволоку), диаметром 5—9 *мм*, поставляемое в кругах.

2. Вес одного круга должен быть не менее 40 *кг*.

3. Допускаемые отклонения для диаметров проволоки:

Для проволоки обычной точности прокатки . . . ± 0,5 *мм*
„ „ повышенной „ „ . . . ± 0,3 „

Разность наибольшего и наименьшего диаметров в одном сечении не должна быть больше:

Для проволоки обычной точности прокатки . . . . 0,5 *мм*
» » повышенной » » . . . . 0,3 »

Серебрянка.

Серебрянкой обычно называют точно калиброванную со строгими допусками и полированную проволоку, большей частью из инстру-

Круглая серебрянка

(по DIN 667).

Диаметр *мм*	Допуск *мм*	Вес 1000 *м* *кг*	Диаметр *мм*	Допуск *мм*	Вес 1000 *м* *кг*	Диаметр *мм*	Допуск *мм*	Вес 1000 *м* *кг*
1	— 0,018	6,17	4,4	— 0,025	119,4	14	— 0,035	1208
1,1	»	7,46	4,5	»	124,8	14,5	»	1296
1,2	»	8,88	4,6	»	130,5	15	»	1387
1,3	»	10,42	4,7	»	136,2	16	»	1578
1,4	»	12,08	4,8	»	142,1	17	»	1782
1,5	»	13,87	4,9	»	148,0	18	— 0,015	1998
1,6	»	15,78	5	»	154,1	19	»	2226
1,7	»	17,82	5,2	»	166,7	20	»	2466
1,8	»	19,98	5,5	»	186,5	21	»	2719
1,9	»	22,3	5,8	»	207	22	»	2984
2	»	24,7	6	»	222	23	»	3261
2,1	»	27,2	6,2	— 0,030	237	24	»	3551
2,2	»	29,8	6,5	»	260	25	»	3853
2,3	»	32,6	6,8	»	285	26	»	4168
2,4	»	35,5	7	»	302	27	»	4495
2,5	»	38,5	7,2	»	320	28	»	4834
2,6	»	41,7	7,5	»	347	30	»	5549
2,7	»	44,9	7,8	»	375	32	— 0,050	6313
2,8	»	48,3	8	»	395	33	»	6714
2,9	»	51,9	8,2	»	415	34	»	7127
3	»	55,5	8,5	»	445	35	»	7553
3,1	— 0,025	59,2	8,8	»	477	36	»	7996
3,2	»	63,1	9	»	499	38	»	8903
3,3	»	67,1	9,2	»	522	40	»	9865
3,4	»	71,3	9,5	»	556	42	»	10876
3,5	»	75,5	9,8	»	592	44	»	11936
3,6	»	79,9	10	»	617	45	»	12248
3,7	»	84,4	10,5	— 0,035	680	46	»	13046
3,8	»	89,8	11	»	746	48	»	14420
3,9	»	93,8	11,5	»	815	50	»	15413
4	»	98,6	12	»	888	52	— 0,060	16674
4,1	»	103,6	12,5	»	963	55	»	18650
4,2	»	108,6	13	»	1042	58	»	20710
4,3	»	114,0	13,5	»	1124	60	»	22195

ментальной стали, с содержанием углерода 0,9 — 1,0%. Необходимо заметить однако, что материал серебрянки бывает *чрезвычайно разнообразным* — всевозможные марки специальной и углеродистой стали. Таким образом название серебрянка относится не к химическому составу стали, но к ее форме.

Так как термин серебрянка еще не прошел через стандартизацию, мы обозначают также иногда и другие виды стали; напр., в Англии „silver steel" иногда понимают, как холодновальцованную точно калиброванную *листовую сталь*.

В СССР применяют серебрянку большей частью из инструментальной стали с 0,9—1,0% углерода для мелких метчиков, сверл, штифтов и пр.

Помещенная выше таблица диаметров серебрянки (по DIN) является сортаментом некоторых заводов СССР, изготовляющих *серебрянку из* различных сортов углеродистой инструментальной стали и специальной стали, путем волочения в холодном состоянии. Кроме выполняемой в строгих допусках серебрянки из тех же сортов стали производится гладкотянутая сталь с более грубым допуском на диаметр — от 0,1 до 0,15 *мм*.

Калибры для проволоки и тонких листов.

Калибры для проволоки и тонких листов, принятые в Англии и Америке, помещены ниже в таблице на стр. 419—420. Калибром в данном случае называется обозначение размера проволоки или листа. Обилие калибров проволоки и листов в Америке и Англии является результатом капиталистической системы промышленности, развитием заводов без объединяющего хозяйственного и технического планирования. Несмотря на нормализационные попытки в указанных выше странах и усилия перейти к обозначению размеров проволоки и листов непосредственно в десятичных долях дюйма, обозначение калибров номерами еще очень распространено.

Для обозначения размеров стальной проволоки в Америке большею частью применяется калибр Американской проволочной компании, обозначенный в таблице проволочным калибром Соединенных Штатов.[1]) Для обозначения размеров проволоки из других металлов (меди, латуни, никеля и пр.) обычно применяется „американский проволочный калибр",[2]) называемый также калибром *Броун и Шарпа. Этот калибр* (составленный на заводе Броун и Шарп в 1864 году) представляет собою геометрическую прогрессию со знаменателем 1,123; в основу его положен ряд диаметров очков волочильных досок, через которые последовательно волочится проволока.

Для фортепианной проволоки в Америке обычно применяется калибр Американской проволочной компании, приведенный в таблице.[3])

Бирмингамский калибр, распространенный в Англии, раньше широко применялся в Америке и России. Диаметры небольших сверл и стальной высокоуглеродистой калиброванной проволоки очень часто на Западе обозначаются по калибрам Стуббса или по калибру американских заводов сверл (прежнее обозначение — Морзе); оба эти калибра приведены в таблице.

Назначение таблицы на стр. 419—420 — давать справки при чтении американской и английской технической литературы.

---

[1]) U. S. Steel Wire Gage.
[2]) American Wire Gage.
[3]) American Steel Wire Co.

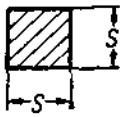
Калибры для проволоки и тонких листов, принятые в Англии и Северо-Американских Соединенн. Штатах.

Размеры в *мм.*

№№	Проволочный калибр Сев.-Америк. Соедин. Штатов	Американский проволочный калибр (или калибр Броун и Шарпа)	Бирмингамский калибр для листов	Американский стандарт для железных и стальных листов (1893 г.)	Калибр фортепьянной проволоки Американской проволочной комп.	Британский проволочный калибр	Проволочный калибр Стубоза	Проволочный калибр американских заводов сперл.
0000000	[1]2,446	—	—	12,700	—	12,700	—	—
000000	11,722	14,732	—	11,913	0,102	11,786	—	—
00000	10,935	13,119	—	11,126	0,127	10,973	—	—
0000	10,002	11,684	11,532	10,313	0,152	10,160	—	—
000	9,208	10,404	10,795	9,525	0,178	9,449	—	—
00	8,407	9,266	9,652	8,738	0,203	8,840	—	—
0	7,785	8,253	8,636	7,950	0,229	8,230	—	—
1	7,188	7,348	7,620	7,138	0,254	7,620	5,786	5,791
2	6,668	6,543	7,214	6,757	0,279	7,011	5,563	5,614
3	6,190	5,827	6,579	6,350	0,305	6 401	5,385	5,410
4	5,723	5,189	6,045	5,944	0,330	5,893	5,528	5,309
5	5,258	4,620	5,588	5,563	0 356	5,385	5,182	5,220
6	4,877	4,115	5,156	5,156	0,406	4,877	5,106	5,182
7	4,496	3,665	4,572	4,406	0,457	4,471	5,055	5,106
8	4,115	3,264	4,191	4,369	0,508	4,064	5,004	5,055
9	3,767	2,906	3,759	3,963	0,559	3,658	4,928	4,979
10	3,429	2,588	3,404	3,582	0,610	3,251	4,852	4,915
11	3,061	2,304	3,048	3,175	0,660	2,947	4,775	4,852
12	2,680	2,055	2,769	2,769	0,737	2,642	4,699	4,801
13	2,324	1,829	2,413	2,388	0,787	2,337	4,623	4,699
14	2,032	1,628	2,108	1,981	0,838	2,032	4,572	4,623
15	1,829	1,450	1,829	1,778	0,889	1,829	4,521	4,572
16	1,588	1,290	1,651	1,588	0,940	1,626	4,445	4,496
17	1,372	1,151	1,473	1,430	0,991	1,422	4,369	3,394
18	1,206	1,024	1,245	1,270	1,041	1,219	4 267	4,305
19	1,041	0,912	1,067	1,113	1,092	1,016	4,166	4,217
20	0,884	0,813	0,889	0,953	1,143	0,914	4,090	4,090
21	0,805	0,724	0,813	0,874	1,194	0,813	3,988	4,039
22	0,726	0,615	0,711	0,795	1,245	0,711	3,937	3,988
23	0,655	0,574	0,635	0,714	1,295	0,610	3,886	3,912
24	0,584	0,511	0,559	0,635	1,397	0,559	3,836	3,860
25	0,518	0,455	0,508	0,556	1,499	0,508	3,759	3,797
26	0,460	0,404	0,457	0,476	1,600	0,457	3,709	3,734
27	0,439	0,361	0 406	0,437	1,702	0,417	3,632	3,658
28	0,411	0,320	0,356	0,396	1,803	0,376	3,531	3,564
29	0,381	0,287	0,330	0,358	1,905	0,345	3,404	3,455
30	0,356	0,254	0,305	0,318	2,032	0,315	3,226	3,264
31	0,335	0,226	0,254	0,277	2,159	0,295	3,048	3,048
32	0 325	0,201	0,229	0,257	2,286	0,274	2,921	2,921
33	0,300	0,180	0,203	0,239	2,413	0,254	2,845	2,870
34	0,264	0,160	0,178	0,218	2,540	0,234	2,794	2,820
35	0,241	0,142	0,127	0,198	2,692	0,213	2,743	2,794

Продолжение.

№№	Проволочный калибр Сев.-Америк. Соедин. Штатов	Американский проволочный калибр (или калибр Броун и Шарпа)	Бирмингамский калибр для листов	Американский стандарт для железных и стальных листов (1893 г.)	Калибр фортепьянной проволоки Американской проволочной компании.	Британский проволочный калибр	Проволочный калибр Стубса	Проволочный калибр американских заводов сверл.
36	0,229	0,127	0,102	0,178	2,845	0,193	2,693	2,705
37	0,216	0,112	—	0,168	2,997	0,173	2,616	2,642
38	0,203	0,102	—	0,160	3,150	0,152	2,565	2.578
39	0,190	0,089	—	—	3,302	0,132	2,515	2,527
40	0,178	0,079	—	—	3,505	0,122	2,464	2,489
41	0,168	0,071	—	—	3,708	0,112	2,414	2,438
42	0,157	0,064	—	—	3,912	0,102	2,337	2,375
43	0,152	0,056	—	—	4,115	0,091	2,235	2,260
44	0,147	0,051	—	—	4,318	0,081	2,159	2,184
45	0,140	0,045	—	—	4,572	0,071	2,057	2,083
46	0,132	0,040	—	—	—	0,061	2,007	2 057
47	0,127	0,036	—	—	—	0,051	1,956	1,9 4
48	0,122	0,032	—	—	—	0,041	1,905	1,930
49	0,117	0,025	—	—	—	0,030	1,829	1,854
50	0,112	0,0-2	—	—	—	0,025	1,753	1,778
51	—	—	—	—	—	—	1,676	1,702
52	—	—	—	—	—	—	1,600	1,613
53	—	—	—	—	—	—	1,473	1,511
54	—	—	—	—	—	—	1,397	1,397
55	—	—	—	—	—	—	1,270	1,321
56	—	—	—	—	—	—	1,143	1,181
57	—	—	—	—	—	—	1,067	1,092
58	—	—	—	—	—	—	1,041	1,067
59	—	—	—	—	—	—	1,016	1,041
60	—	—	—	—	—	—	0,991	1,016
61	—	—	—	—	—	—	0,965	0,991
62	—	—	—	—	—	—	0,940	0,965
63	—	—	—	—	—	—	0,914	0,940
64	—	—	—	—	—	—	0.889	0,914
65	—	—	—	—	—	—	0,838	0,889
66	—	—	—	—	—	—	0,813	0,838
67	—	—	—	—	—	—	0,787	0,813
68	—	—	—	—	—	—	0,762	0,787
69	—	—	—	—	—	—	0,737	0,744
70	—	—	—	—	—	—	0,7 86	0,711
71	—	—	—	—	—	—	0,660	0,660
72	—	—	—	—	—	—	0,610	0,635
73	—	—	—	—	—	—	0,584	0,610
74	—	—	—	—	—	—	0,559	0,572
75	—	—	—	—	—	—	0,508	0,533
76	—	—	—	—	—	—	0,457	0,508
77	—	—	—	—	—	—	0,406	0,457
78	—	—	—	—	—	—	0,381	0,406
79	—	—	—	—	—	—	0,356	0.368
80	—	—	—	—	—	—	0,330	0,343



Железо квадратное

(по ОСТ 9).

Размер стороны квадрата S *мм*	Площадь поперечн. сечения *мм*²	Теоретич. вес 1 пог. метра *кг*	Размер сторон квадрата S *мм*	Площадь поперечн. сечения *мм*²	Теоретич. вес 1 пог. метра *кг*
10	100	0,79	35	1225	9,62
11	121	0,95	38	1444	11,34
12	144	1,13	40	1600	12,56
14	196	1,54	45	2025	15,90
15	225	1,77	50	2500	19,63
16	256	2,01	55	3025	23,75
18	324	2,54	60	3600	28,26
20	400	3,14	65	4225	33,17
22	484	3,80	70	4900	38,47
25	625	4,91	75	5625	44,16
28	784	6,15	80	6400	50,24
30	900	7,07	90	8100	63,58
32	1024	8,04	100	10 000	78,50

1. Нормальная длина поставляемого материала от 4 до 6 *м*.

2. При заказах могут оговариваться строго определенные длины, но не более следующих:

При размере стороны квадрата от 10 до 30 *мм* . . 9 *м*
„ „ „ „ „ 32 „ 60 „ . . 7 „
„ „ „ „ „ 65 „ 100 „ . . 6 „

3. Допускаемые отклонения:

а) для размера стороны квадрата.

	Обычная точность прокатки	Повышенная точность прокатки
От 10 до 20 *мм*	± 0,5 *мм*	± 0,3 *мм*
Свыше 20 „	± 3% „	

б) для оговоренной в заказе длины:

При длине до 4 *м* . . . . . + 50 *мм*
„ „ свыше 4 *м* . . . . . + 100 „

4. При исчислении теоретического веса 1 пог. *м* принят удельный вес 7,85,

Таблица веса быстрорежущей стали.

Содержание вольфрама в проц. . . .	5	10	17	18
Удельный вес	8,10	8,35	8,60	8,90

Вес 1 пог. *м* в *кг*.

a) Квадратная сталь.

(Определение веса стержней не приведенных в таблице размеров производится согласно с замечанием на стр. 4 5.)

Диаметр	*мм*	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
содерж. вольфр. в %%	5	0,202	0,292	0,397	0,518	0,656	0,810	0,980	1,166	1,369	1,588	1,822	2,074
	10	0,209	0,301	0,409	0,534	0,676	0,835	1,010	1,202	1,411	1,637	1,879	2,138
	15	0,215	0,310	0,421	0,550	0,697	0,860	1,041	1,238	1,453	1,686	1,935	2,203
	18	0,222	0,320	0,436	0,570	0,721	0,890	1,077	1,282	1,504	1,744	2,002	2,278

Диаметр	*мм*	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	28	30
Содерж., вольфр. в %%	5	2,341	2,624	2,924	3,240	3,572	3,920	4,285	4,666	5,062	5,476	6,350	7,290
	10	2,413	2,705	3,014	3,340	3,682	4,041	4,417	4,810	5,219	5,645	6,546	7,515
	15	2,485	2,786	3,105	3,440	3,793	4,162	4,549	4,954	5,375	5,814	6,742	7,740
	18	2,572	2,884	3,213	3,560	3,925	4,308	4,708	5,126	5,562	6,016	6,978	8,010

Диаметр	*мм*	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
Содерж. вольфр. в %%	5	3,294	9,364	10,498	11,696	12,960	14,288	15,682	17,140	18,662	20,250
	10	3,550	9,653	10,822	12,057	13,360	14,729	16,166	17,669	19,238	20,875
	15	3,806	9,942	11,456	12,418	13,760	15,170	16,650	18,198	19,814	21,500
	18	9,114	10,288	11,534	12,852	14,240	15,700	17,230	18,832	20,506	22,000

b) Круглая сталь.

(Определение веса стержней не приведенных в таблице размеров производят согласно с замечанием на стр. 425).

Диам.	*мм*	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
содерж. вольфр. в %%	5	0,159	0,229	0,312	0,407	0,515	0,636	0,770	0,916	1,075	1,247	1,431	1,629
	10	0,164	0,236	0,321	0,420	0,531	0,656	0,794	0,944	1,108	1,285	1,475	1,679
	15	0,169	0,243	0,331	0,432	0,547	0,675	0,817	0,973	1,141	1,324	1,520	1,729
	18	0,175	0,252	0,342	0,447	0,566	0,699	0,846	1,007	1,181	1,370	1,573	1,789

Диам.	*мм*	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
содерж. вольфр. в %%	5	1,838	2,061	2,297	2,545	2,806	3,079	3,365	3,664	3,976	4,301	4,638	4,989
	10	1,895	2,125	2,367	2,623	2,892	3,174	3,469	3,777	4,099	4,433	4,781	5,141
	10	1,952	2,188	2,438	2,702	2,979	3,269	3,573	3,890	4,221	4,566	4,924	5,295
	18	2,020	2,265	2,523	2,796	3,083	3,353	3,698	4,026	4,369	4,725	5,096	5,480

Диам.	*мм*	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
содерж. вольфр. в %%	5	5,350	5,726	6,114	6,514	6,928	7,354	7,793	8,245	8,709	9,186	9,676
	10	5,515	5,902	6,302	6,715	7,142	7,581	8,034	8,499	8,978	9,470	9,975
	15	5,680	6,079	6,491	6,918	7,356	7,808	8,274	8,754	9,247	9,753	10,273
	18	5,879	6,291	6,717	7,158	7,612	8,080	8,563	9,059	9,569	10,094	10,632

Диам.	*мм*	40	42	44	45	46	48	50	52	54	55
содерж. вольфр. в %%	5	10,177	11,222	12,316	12,882	13,461	14,657	15,904	17,202	18,551	19,244
	10	10,491	11,568	12,696	13,280	13,877	15,110	16,395	17,733	19,123	19,838
	15	10,805	11,915	13,077	13,678	14,292	15,562	16,886	18,264	19,696	20,432
	18	11,182	12,330	13,533	14,155	14,791	16,105	17,475	18,901	20,383	21,145

Диам.	*мм*	56	58	60	62	64	65	66	68	70	72
содерж. вольфр. в %%	5	19,950	21,401	22,902	24,454	26,058	26,878	27,712	29,417	31,172	32,979
	10	20,566	22,061	23,609	25,209	26,862	27,708	28,567	30,325	32,135	33,997
	15	21,182	22,722	24,316	25,964	27,666	28,537	29,422	31,232	33,097	35,015
	18	21,921	23,515	25,164	26,870	28,631	29,533	30,449	32,322	34,251	36,236

Диам.	*мм*	74	75	76	78	80	85	90	95	100
содерж. вольфр. в %%	5	34,837	35,785	36,745	38,705	40,715	45,863	51,530	57,415	63,617
	10	35,912	36,889	37,879	39,899	41,972	47,382	53,120	59,147	65,581
	15	36,987	37,993	39,014	41,094	43,228	48,801	54,711	60,959	67,544
	18	38,277	39,319	40,374	42,527	44,736	50,503	56,619	63,085	69,901

Таблица веса квадратного, шестигранного и круглого железа и диаметров описанных окружностей.

Толщина *d* *мм*	Вес *кг/м*	Диаметр описанной окружности *мм*	Вес *кг/м*	Диаметр описанной окружности *мм*	Вес *кг/м*	Толщина *d* *мм*
5	0,196	7,071	0,170	5,78	0,154	**5**
6	0,283	8,48	0,245	6,93	0,222	**6**
7	0,385	9,90	0,333	8,09	0,302	**7**
8	0,502	11,31	0,435	9,24	0,395	**8**
9	0,636	12,73	0,551	10,40	0,499	**9**
10	0,785	14,14	0,680	11,55	0,617	**10**
11	0,950	15,56	0,823	12,71	0,746	**11**
12	1,130	16,97	0,979	13,86	0,888	**12**
13	1,327	18,38	1,149	15,02	1,042	**13**
14	1,539	19,80	1,332	16,17	1,208	**14**
15	1,766	21,21	1,530	17,32	1,387	**15**
16	2,010	22,63	1,740	18,48	1,578	**16**
17	2,269	24,04	1,965	19,64	1,782	**17**
18	2,543	25,46	2,203	20,79	1,998	**18**
19	2,834	26,87	2,454	21,95	2,226	**19**
20	3,140	28,28	2,719	23,10	2,466	**20**
21	3,462	29,70	2,998	24,26	2,719	**21**
22	3,799	31,11	3,290	25,41	2,984	**22**
23	4,153	32,53	3,596	26,57	3,261	**23**
24	4,522	33,94	3,916	27,72	3,551	**24**
25	4,906	35,36	4,249	28,88	3,853	**25**
26	5,307	36,77	4,596	30,09	4,168	**26**
27	5,723	38,18	4,956	31,19	4,495	**27**
28	6,154	39,60	5,330	32,34	4,834	**28**
29	6,602	41,01	5,717	33,50	5,185	**29**
30	7,065	42,43	6,118	34,65	5,549	**30**
32	8,038	45,25	6,961	36,96	6,313	**32**
34	9,075	48,08	7,859	39,27	7,127	**34**
35	9,616	49,50	8,328	40,42	7,550	**35**
36	10,174	50,91	8,811	41,58	7,990	**36**
38	11,335	53,74	9,817	43,89	8,903	**38**
40	12,560	56,57	10,877	46,20	9,865	**40**
42	13,847	59,40	11,992	48,51	10,876	**42**
44	15,198	62,22	13,162	50,82	11,936	**44**
45	15,896	63,64	13,766	51,96	12,485	**45**
46	16,611	65,05	14,385	53,13	13,046	**46**
48	18,086	67,88	15,663	55,44	14,205	**48**
50	19,625	70,71	16,995	57,75	15,413	**50**
52	21,226	73,54	18,383	60,06	16,671	**52**
54	22,891	76,37	19,824	62,37	17,978	**54**
55	23,746	77,78	20,560	63,52	18,650	**55**
56	24,618	79,20	21,320	64,68	19,335	**56**
58	26,407	82,02	22,870	66,99	20,740	**58**

Значения для промежуточных размеров см. стр. 425.

Таблица веса квадратного, шестигранного и круглого железа и диаметров описанных окружностей.

Продолжение.

Толщина *d* *мм*	Вес *кг/м* (*d*)	Диаметр описанной окружности *мм* (*D*)	Вес *кг/м* (*d*)	Диаметр описанной окружности *мм* (*D*)	Вес *кг/м* (*d*)	Толщина *d* *мм*
60	28,260	84,85	24,474	69,30	22,195	**60**
62	30,175	87,68	26,133	71,61	23,700	**62**
64	32,154	91,51	27,846	73,92	25,253	**64**
65	33,160	91,92	28,720	75,07	26,050	**65**
66	34,195	94,34	29,614	76,23	26,856	**66**
68	36,298	97,17	31,436	78,54	28,500	**68**
70	38,465	99,00	33,312	80,85	30,210	**70**
72	40,694	101,82	35,243	83,16	31,961	**72**
74	42,987	104,65	37,228	85,47	33,762	**74**
75	44,130	106,06	38,240	86,62	34,680	**75**
76	45,342	107,48	39,267	87,78	35,611	**76**
78	47,759	110,31	41,361	90,09	37,510	**78**
80	50,240	113,14	43,509	92,40	39,458	**80**
85	56,716	120,21	49,118	98,18	44,515	**85**
90	63,585	127,28	55,067	103,95	49,940	**95**
95	70,846	134,35	61,355	109,73	55,643	**90**
100	78,500	141,42	67,983	115,50	61,654	**100**
105	86,546	148,50	74,951	121,28	67,973	**105**
110	94,985	155,56	82,260	127,05	74,601	**110**
115	103,816	162 63	89,908	132,83	81,537	**115**
120	113,040	169,70	97,896	138,60	88,781	**120**
125	122,656	176,78	106,224	144,38	96,334	**125**
130	132,665	183,85	114,891	150,15	104,195	**130**
135	143,066	190,92	123,899	155,93	112,364	**135**
140	153,860	197,99	133,247	161,70	120 841	**140**
145	165,046	205,06	142,934	167,48	129,627	**145**
150	176,625	212,13	152,962	173,25	138,721	**150**
155	188,596	219.20	163,329	179.03	148,123	**155**
160	200,960	228.27	174,036	184,80	157,834	**160**
165	213,716	233.34	185,081	190,58	167,852	**165**
170	226,865	240,41	196,471	196,35	178.179	**170**
175	240,406	247,49	208,198	202.13	188,815	**175**
180	254,340	254,56	220.265	207,90	199,758	**180**
185	268,666	261.63	232,638	213,68	211,010	**185**
190	283,385	223.70	245,419	219 45	222,570	**190**
195	298,496	275,77	258,506	225,23	234,438	**195**
200	314,000	282,84	271,932	231,00	246,615	**200**
205	329,896	289,91	285,927	236,78	259,100	**205**
210	346,185	296,98	299,805	242,55	271,893	**210**
215	362,866	304,05	314,251	248,33	284,994	**215**
220	379,940	311,12	329,037	254,10	2 8,404	**220**
225	397,406	318,20	344,164	259,88	312,122	**225**

Значения для промежуточных размеров см. стр. 425.

Таблица веса квадратного, шестигранного и круглого железа и диаметров описанных окружностей.

Продолжение.

Толщина d *мм*	Вес *кг/м*	Диаметр описанной окружности *мм*	Вес *кг/м*	Диаметр описанной окружности *мм*	Вес *кг/м*	Толщина d *мм*
230	415,265	325,27	359,631	265,65	326,148	**230**
2 5	433,516	332,34	375,487	271,43	340,483	**235**
240	452,160	339,41	391,583	277,20	355,126	**240**
245	471,196	346,48	408,068	282,98	370,077	**245**
250	490,625	353,56	424,894	288,75	385,336	**250**
255	510,446	360,62	442,060	294,53	400,904	**255**
260	530,660	367,70	459,565	300,30	416,779	**260**
265	551,266	374,76	477,411	306,08	432,963	**265**
270	572,265	381,83	495,597	311,85	449,456	**270**
275	593,656	388,91	514,022	317,63	466,257	**275**
280	615,440	396,98	532,988	323,40	483,365	**280**
285	637,616	403,05	552,193	329,18	500,783	**285**
290	660,185	410,12	571,738	334,95	518,508	**290**
295	683,146	417,19	591,623	340,79	536,542	**295**
300	706,500	424,26	611,848	346,50	554,884	**300**
305	730,246	431,33	632,413	352,28	573,534	**305**
310	754,385	438,40	653,318	358,05	592,493	**310**
315	778,916	445,47	674,563	363,83	611,759	**315**
320	803,840	452,54	696,148	369,60	631,334	**320**
325	829,156	459,62	718,071	375,38	651,218	**325**
330	854,865	466,69	740,336	381,15	671,409	**330**
335	880,966	473,76	762,940	386,93	691,909	**335**
340	907,460	480,84	785,885	392,70	712,717	**340**
345	934,346	487,90	809,169	398,48	733,834	**345**
350	961,625	494,98	832,793	404,25	755,258	**350**

Приведенная в таблице толщина квадратного и шестигранного железа соответствует диаметрам описанных окружностей.

Вес 1 *м* круглого железа составляет $\frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{\text{удельный вес}}{1000}$ (d в *мм*).

Значение $\frac{\pi d^2}{4}$ приведено в девятом столбце слева на стр. 14—38.

Вес шестигранного железа составляет $2{,}5981 : \pi = 0{,}827$ (приблизительно $^5/_6$) веса круглого железа, диаметр которого равен диаметру описанной окружности шестигранного железа.

Приведенные в таблице данные для веса нужно умножить для сварочного железа на 0,994, чугуна на 0,924, бронзы на 1,096, меди на 1,134, латуни на 1,083, цинка на 0,917, свинца на 1,448.

Если диаметр в 10 раз меньше указанного в таблице, вес меньше в 100 раз.

Пример: 35-миллиметровое квадратное железо весит 9,616 *кг/м*

3,5- " " " " 0,09616 *кг/м*

Таким способом определяется вес железа не приведенных в таблице меньших диаметров.

Железо поло
(по

Полосовым железом называется железо прямоугольного
толщины к ширине

Ширина *мм*	Т о л щ и							
	4	5	6	7	8	10	12	14
	Теоретический вес							
12	0,377	0,471	0,565					
14	0,440	0,550	0,659	0,769				
16	0,502	0,628	0,754	0,879	1,005			
18	0,565	0,707	0,848	0,989	1,130			
20	0,628	0,785	0,942	1,099	1,256	1,570		
22	0,691	0,864	1,036	1,209	1,382	1,727	2,072	
25	0,785	0,981	1,178	1,374	1,570	1,963	2,355	2,748
30	0,942	1,177	1,413	1,648	1,884	2,355	2,826	3,297
35	1,099	1,374	1,649	1,923	2,198	2,748	3,297	3,847
40	1,256	1,570	1,884	2,198	2,512	3,140	3,768	4,396
45	1,413	1,766	2,120	2,473	2,826	3,533	4,239	4,946
50	1,570	1,962	2,355	2,748	3,140	3,925	4,710	5,495
55	1,727	2,159	2,591	3,022	3,454	4,318	5,181	6,015
60	1,884	2,355	2,826	3,297	3,768	4,710	5,652	6,594
65	2,041	2,551	3,062	3,572	4,082	5,103	6,123	7,144
70	2,198	3,747	3,297	3,847	4,396	5,495	6,594	7,693
75	2,355	2,944	3,532	4,121	4,710	5,887	7,065	8,242
80	2,512	3,140	3,768	4,396	5,024	6,280	7,536	8,792
90	2,826	3,532	4,239	4,946	5,652	7,065	8,478	9,891
100	3,140	3,925	4,710	5,495	6,280	7,850	9,420	10,990
110	3,454	4,317	5,181	6,045	6,908	8,635	10,362	12,089
120	3,768	4,710	5,652	6,594	7,536	9,420	11,304	13,188
130	4,082	5,103	6,123	7,144	8,164	10,205	12,246	14,287
140	4,396	5,495	6,591	7,693	8,792	10,990	13,188	15,386
150	4,710	5,887	7,065	8,243	9,420	11,775	14,130	16,485
160	5,024	6,280	7,536	8,792	10,048	12,560	15,072	17,584
180	5,652	7,065	8,478	9,891	11,304	14,130	16,956	19,782
200	6,280	7,850	9,120	10,990	12,560	15,700	18,840	21,980

Допуски. 1) В ширине полос: а) для ширины до 30 *мм* включ. $\pm$ 1 *мм*,
2) В толщине полос: а) для толщины до 16 *мм* включ.
3) В длине полос: а) с нефрезерованными концами при длине свыше 4 *мм* + 100 *мм*, в) с фрезерованными

совое
ОСТ 13).
сечения с острыми краями, шириной от 12 *мм* до 200 и с отношением не более 1 : 2.

н а *мм*									
16	18	20	22	25	30	35	40	50	60
погонного метра *кг*									
3,140									
3,768									
4,396	4,946								
5,024	5,652	6,280	6,908	7,850					
5,652	6,359	7,065	7,772	8,830					
6,280	7,065	7,850	7,635	9,813	11,775	13,738			
6,908	7,772	8,635	9,499	10,794	12,953	15,111			
7,536	8,478	9,420	10,362	11,775	14,130	16,485			
8,164	9,185	10,205	11,226	12,756	15,308	17,859			
8,792	9,891	10,990	12,089	13,738	16,485	19,233	21,980		
9,420	10,598	11,775	12,953	14,719	17,663	20,6 6	23,550		
10,048	11,304	12,560	13,816	15,700	18,840	21,980	25,120	31,400	
11,304	12,717	14,130	15,543	17,662	21,195	24,728	28 260	35,325	
12,560	14,130	15,700	17,270	19,625	23,550	27,475	31,400	39,250	47,100
13,816	15,543	17,270	18,997	21,588	25,905	30,223	34,540	43,175	51,810
15,072	16,956	18,840	20,724	23,550	28,260	32,970	37,680	47,100	
16,328	18,369	20,410	22,451	25,513	30,615	35,718	40,820	51,025	
17,584	19,782	21,980	24,178	27,475	32,970	38,465	43,960	54,950	
18,840	21,195	23,550	25,905	29,438	35,325	41,213	47,100	58,875	
20,096	22,608	25,120	27,632	31,400	37,680	43,960	50,240		
22,608	25,434	28,260	31,086	35,325	42,390	49,455	55,520		
25,120	28,260	31,400	34,540	39,250	47,100	54,950	62,800		

б) для ширины свыше 80 *мм* ± 3%.
± 0,5 *мм*, б) для толщины свыше 16 *мм* ± 3%.
длине до 4 *мм* включ. + 50 *мм*, б) с нефрезерованными концами при концами + 10 *мм*.

Размеры прутков инструментальной стали, изготовляемой заводом „Электросталь“.

Круглая	6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 32, 35, 38, 40, 42, 45, 48, 50, 52, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 110, 120, 130, 140, 150.
Квадратная	6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 90, 100, 120, 130, 140, 150.
Овальная	10 × 16, 12 × 25, 16 × 30, 20 × 32.
Полосовая	6 × 10, 6 × 12, 6 × 18, 6 × 25, 6 × 35, 6 × 50, 6 × 60, 8 × 12, 8 × 16, 8 × 25, 8 × 35, 8 × 48, 8 × 65, 8 × 80, 10 × 16, 10 × 20, 10 × 25, 10 × 30, 10 × 40, 10 × 50, 10 × 60, 10 × 80, 10 × 100, 12 × 20, 12 × 25, 12 × 30, 12 × 35, 12 × 48, 12 × 60, 12 × 75, 12 × 100, 12 × 120, 16 × 25, 16 × 32, 16 × 40, 16 × 50, 16 × 65, 16 × 80, 16 × 100, 16 × 130, 16 × 160, 20 × 30, 20 × 40, 20 × 50, 20 × 60, 20 × 80, 20 × 100, 20 × 120, 20 × 160, 20 × 200, 25 × 38, 25 × 50, 25 × 75, 25 × 100, 25 × 150, 25 × 200, 30 × 45, 30 × 60, 30 × 90, 30 × 120, 30 × 180, 40 × 60, 40 × 80, 40 × 120, 40 × 160, 40 × 200, 50 × 75, 50 × 100, 50 × 150, 50 × 200

Железо полосовое для гаек

(по ОСТ 4600).

Означенный стандарт распространяется на полосовое железо строго прямоугольного сечения с острыми гранями, предназначенное для изготовления гаек.

Размер *мм*		Площадь поперечного сечения *мм²*	Вес погонного метра *кг*	Назначение профилей для гаек			
				с дюймовой резьбой с диам. болт. в дюймах (ОСТ 145 и 147)		с метрической резьбой с диаметром болтов в *мм* (ОСТ 144 и 146)	
Шир. *a*	Толщ. *b*			Горячей штампов.	Холодн. штампов.	Горячей штампов.	Холодн. штампов.
11	5,5	60,5	0,474	—	1/4″	—	6
14	6,5	91	0,714	—	5/16″	—	8
17	8	136	1,067	—	3/8″	—	10
20	11	220	1,727	1/2″	—	12	—
22	10,5	231	1,813	—	1/2″	—	12
22	14	308	2,417	5/8″	—	16	16
27	12,5	337,5	2,640	—	5/8″	—	—
27	18	486	3,815	3/4″	—	20	—
27	24	648	5,086	3/4″*	—	—	—
30	20	600	4,710	7/8″	—	22	—
35	22	770	6,044	1″	—	—	—
35	25	875	6,868	7/8″*	—	—	—
38	28	1064	8,352	1 1/8″	—	27	—
41	28	1148	9,011	1 1/4″	—	30	—
53	38	2014	15,810	1 1/2″	—	—	—
65	38	2470	19,439	1 3/4″	—	—	—
75	45	3375	26,493	2″	—	—	—

Размеры гаек 3/4″ и 7/8″, помечен. знаком *, являются специальным размером для рельсовых болтов.

Допускаемые отклонения в толщине и ширине полос.

I. Обычной точности проката:

а) Для ширины до 30 *мм* вкл. . . . . ± 1 *мм*
„ „ св. 30 „ . . . . . ± 3%
б) „ толщины до 16 „ вкл. . . . . ± 0,5 *мм*
„ „ св. 16 „ . . . . . ± 3%

II. Повышенной точности проката:

Для гаек холодной штамповки в ширине полос . . . . . ± 0,5 *мм*

1. Длина полос:

Все размеры железа для гаек холодной штамповки поставляются в полосах от 4 до 6 *м* или в смотанном виде в кругах.

2. Железо для гаек горячей штамповки поставляется полосами до размера 35 × 22 *мм* вкл. от 4 до 6 *м* и свыше этого размера от 2 до 4 *м*.

Материал: сталь 3, сталь 4 (ОСТ 4125) и гаечное фосфористое железо (ОСТ 4119).

Железо широкополосное (универсальное)

(по ОСТ 18).

Широкополосным (универсальным) железом называется железо прямоугольного сечения, шириной не ниже 290 *мм*, прокатываемое на универсальном стане

Толщина в *мм*	Ширина через каждые 10 *мм*	Толщина в *мм*	Ширина через каждые 10 *мм*	Толщина в *мм*	Ширина через каждые 10 *мм*	Толщина в *мм*	Ширина через каждые 10 *мм*
4	200—380	10	200—780	20	200—780	32	200—780
5	200—480	12	200—780	22	200—780	36	200—450
6	200—400	14	200—780	25	200—780		
7	200—600	16	200—780	28	200—780		
8	200—780	18	200—780	30	200—780		

Допуски.

а) В ширине:
1) для полос шириной до 400 *мм* включительно ± 2,5 *мм*
2) „ „ „ от 410 до 780 *мм* ± 3,0 „

б) В толщине:
1) для полос толщиной до 25 *мм* включительно — 0,5 *мм* и + 1,0 *мм*
2) „ „ „ свыше 25 *мм* — 0,75 „ и + 1,5 „

в) В длине:
1) для полос толщиной до 12 *мм* включительно ± 10 *мм*
2) „ „ „ от 23 до 25 *мм* включ. ± 15 „
3) „ „ „ свыше 25 *мм* ± 20 „

Железо листовое, толстое

(по ОСТ 19).

Толстым листовым железом называется железо прямоугольного сечения, шириной от 700 *мм* и выше, толщиной от 3,5 *мм* и выше, прокатываемое на листовом стане.

Толщина листов *мм*	Теорет. вес 1 кв. метра листа *кг*	Толщина листов *мм*	Теорет. вес 1 кв. метра листа *кг*	Толщина листов *мм*	Теорет. вес 1 кв. метра листа *кг*	Толщина листов *мм*	Теорет. вес 1 кв. метра листа *кг*
3,5	27,48	10,0	78,50	18,0	141,30	32,0	251,20
4,0	31,40	11,0	86,35	19,0	149,15	34,0	266,90
4,5	30,32	12,0	94,20	20,0	157,00	36,0	282,60
5,0	39,25	13,0	102,05	22,0	172,70	38,0	298,30
6,0	47,10	14,0	109,90	24,0	188,40	40,0	314,00
7,0	54,95	15,0	117,75	26,0	204,10	42,0	329,70
8,0	62,80	16,0	125,60	28,0	219,80	—	—
9,0	70,65	17,0	133,45	30,0	235,50	—	—

Допуски.

А. К листам котлов, мостов и судов:

а) В толщине листов:
1) для листов толщиной от 3,5 до 25 *мм* включ. — 0,5 *мм* и + 1,0 *мм*
2) „ „ „ свыше 25 „ — 0,5 „ и + 1,5 „

б) В ширине листов:
1) для листов толщиной до 12 *мм* включ. + 10 *мм*
2) „ „ „ свыше 12 „ + 20 „

в) В длине листов:
1) для листов толщиной до 12 *мм* включ. + 15 *мм*
2) „ „ „ свыше 12 „ + 20 „

Б. К остальным листам:

а) В толщине листов:
1) для листов толщиной от 3,5 до 25 *мм* включ. — 0,5 *мм* и + 1,0 *мм*
2) „ „ „ свыше 25 „ — 0,5 „ и + 1,5 „

б) В ширине листов:
1) для листов толщиной от 3,5 до 12 *мм* включ. ± 5 *мм*
2) „ „ „ „ 13 *мм* и выше ± 10 „

в) В длине листов:
1) для листов толщиной до 12 *мм* включ. — 5 *мм* и + 10 *мм*
2) „ „ „ свыше 12 „ — 5 „ и + 15 „

Примечание. Измерение толщины листов должно производиться в расстоянии 100 *мм* от угла листа и 40 *мм* от края листа.

Разница между наибольшей и наименьшей толщиной в разных местах одного и того же листа.

При ширине листов	При толщине листов		
	от 5 до 7 *мм*	от 7 до 10 *мм*	от 10 *мм* и выше
Меньше 1200 *мм*	0,9	0,7	0,6
От 1200 до 1500	1,2	0,9	0,8
„ 1500 „ 1800	1,8	1,7	1,5
„ 1800 „ 2100	2,0	1,7	1,5
„ 2100 „ 2400	2,2	2,1	2,0

Листы шириной более 2400 *мм* при толщине от 5 до 9 *мм* включительно, а равно листы всякой ширины при толщине от 4,5 *мм* и меньше должны приниматься в том виде, как они выходят из прокатки, при условии, чтобы допуск в толщине листа, измеренной в расстоянии 100 *мм* от угла и 40 *мм* от края листа, был — 0,5 *мм* и + 1,0 *мм*.

Примечания. 1. Фасонные листы не могут иметь ни входящих углов ни вогнутых сторон.

2. Для судостроительных заводов прокатывается листовое железо повышенной точности с интервалами по толщине через 0,5 *мм*.

Железо листовое тонкое
(по ОСТ 20).

Тонким листовым железом называется железо толщиной от 3 *мм* и ниже, прокатываемое на листовом стане.

№№	Толщина *мм*	Теоретический вес 1 квадр. метра *кг*	№№	Толщина *мм*	Теоретический вес 1 квадр. метра *кг*
9	0,9	7,065	17,5	1,75	13,74
10	1,0	7,85	20	2,0	15,70
12	1,2	9,42	25	2,5	19,63
12,5	1,25	9,82	30	3,0	23,55
15	1,5	11,78			

Допуски

а) В толщине листов допускаемое отклонение должно быть менее разницы между нормальным и ближайшим большим или меньшим размерами, причем для самого тонкого допуск менее ± 0,1 *мм* и для самого толстого менее ± 0,5 *мм*.

б) В ширине листов ± 10 *мм*.

в) В длине „ ± 15 „

О декапированном железе по ОСТ 2492, см. стр. 250.

Рекомендуемые ширины и длины для листового железа по ОСТ 19 и 20
(по ОСТ 500).

мм

Толщина листов	0,9	1 1,25	1,5 1,75	2 2,5 3	3,5 4 4,5 5	6 7	8 9 10 11 12
Ширина и длина листов	710×1420	710×1420 1000×2000	710×1420 1000×2000 1250×2500	710×1420 1000×2000 1250×2500 1400×2800	710×1420 1250×2500 1400×2800 1400×4200	710×1420 1250×2500 1400×2800 1400×4200 1500×3000 1500×4500 1500×6000	710×1420 1250×2500 1500×3000 1500×4500 1800×5000 1800×10000

Железо кровельное черное (по ОСТ 22).

Железо кровельное оцинкованное (по ОСТ 28).

Размеры листа *мм*	Вес листа *кг*	Колич. листов в пачке	Вес пачки (нетто) *кг*	Размеры листа *мм*	Вес листа *кг*	Колич. листов в пачке	Вес пачки (нетто) *кг*
1420 × 710	6,00	13—14	80	1420 × 710	4,00	20—21	80
1420 × 710	5,50	14—15	80	1420 × 710	3,50	22—23	80
1420 × 710	5,00	16—17	80	1420 × 710	3,25	24—25	80
1420 × 710	4,50	18—19	80	1420 × 710	—	—	—

Допуски.

В весе одного листа ± 0,25 *кг*
„ „ одной пачки ± 0,5 „

Примечание. При 17 и 19 листах в пачке разрешается увеличить допуски в весе одной пачки до ± 0,75 *кг*.

Железо белое глянцевое
(по ОСТ 25).

Белым глянцевым железом называется луженое кровельное железо.

Размеры листа *мм*	Вес листа *кг*	Число листов в пачке	Вес пачки *кг*	Размеры листа *мм*	Вес листа *кг*	Число листов в пачке	Вес пачки *кг*
1420 × 710	5,50	14—15	80	710 × 710	2,75	14—15	40
1420 × 710	5,00	16—17	80	710 × 710	2,50	16—17	40
1420 × 710	4,50	18—19	80	710 × 710	2,25	18—19	40
1420 × 710	4,00	20—21	80	710 × 710	2,00	20—21	40
1420 × 710	3,50	22—23	80	710 × 710	1,75	22—23	40
1420 × 710	3,25	24—25	80	710 × 710	1,62	24—25	40

Допуски.

В весе одного листа размерами: 1420 × 710 . . . ± 0,25 *кг*
„ „ „ „ „ 710 × 710 . . . ± 0,15 „
„ „ одной пачки листов 1420 × 710 . . . ± 0,5 „
„ „ „ „ „ 710 × 710 . . . ± 0,25 „

Примечание. При 17 и 19 листах в пачке разрешается увеличить допуски в весе одной пачки до ± 0,76 *кг*.

Жесть белая

(по ОСТ 24).

Белой жестью называется тонкое листовое железо, покрытое оловом.

Название жести	№№	Толщина мм	Ширина мм	Длина мм	Вес листа кг	Число листов в ящике	Вес ящика жести (нетто) кг
Палочная . . .	2/3	0,23	508	356	0,327	112	39,75
	2/4	0,24	508	356	0,341		
	2/5	0,25	508	356	0,355		
	2/6	0,26	508	356	0,369		
	2/7	0,27	508	356	0,383		
Палочная . . .	2/3	0,23	508	711	0,653	56	39,75
	2/4	0,24	508	711	0,681		
	2/5	0,25	508	711	0,710		
	2/6	0,26	508	711	0,738	112	79,5
	2/7	0,27	508	711	0,767		
Крестовая . .	3/2	0,32	508	356	0,454	112	54,06
	3/3	0,33	508	356	0,469		
	3/4	0,34	508	356	0,483		
	3/5	0,35	508	356	0,497		
	3/6	0,36	508	356	0,511		
Крестовая . .	3/2	0,32	508	711	0,909	56	54,06
	3/3	0,33	508	711	0,937		
	3/4	0,34	508	711	0,965		
	3/5	0,35	508	711	0,994		
	3/6	0,36	508	711	1,022		

По ОСТ 4098 установлены следующие допустимые отклонения в толщине:

Условное обозначение толщины	Предельная толщина в любом месте любого листа в ящике		Наибольшая разность толщины в разных точках одного листа	
Номера	Наименьшая	Наибольшая	Обычная точность	Повышенн. точность
24	0,21	0,27	0,06	0,04
27	0,24	0,30	0,06	0,04
30	0,27	0,33	0,06	0,04
35	0,30	0,40	0,08	
42	0,36	0,48	0,08	

По ОСТ 4098 жесть должна выдерживать испытание на приборе Эриксена в соответствии с помещенной на стр. 435 справа табличкой.

Жесть должна выдерживать без появления каких-либо признаков надлома или отслоения олова шестикратный загиб на 90° вокруг губок радиусом 1,5 *мм*.

По состоянию поверхности и толщине покрытия оловом жесть разделяется по ОСТ 4098 на 4 сорта: лучший АА (с количеством олова на 100 *см*² листа в 0,40—0,45 *г*, если жесть предназначена для изготовления консервной тары и в 0,27—0,32 *г* при ином назначении жести) и далее в соответствии с понижением качества поверхности сорта А, В и С (все эти сорта должны иметь 0,27—0,32 *г* олова на на 100 *см*² листа).

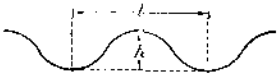
Номера жести	Глубина лунки
24	5,5
27	5,7
30	6,0
35	6,5
42	6,7

Железо листовое шахматное и волнистое (по ОСТ 26).

А. Железо листовое шахматное (рифленое).

мм

Высота рифа	Толщина с рифами	Максимальная длина	Максимальная ширина
1,0	4	4200	1060
1,0	5	6000	1060
1,5	6	6000	1220
1,5	8	6000	1420
2,0	10	6000	1420
2,0	12	6000	1420



Б. Волнистое железо.

мм

№№	Размеры листов			Размеры волн	
	Длина	Ширина	Толщина	Длина *l*	Высота *h*
1	2400	750	1,50	130	40
2	2400	900	1,50	100	50
3	2400	950	1,50	75	20
4	2400	750	1,00	30	15

Таблица веса быстрорежущей стали.

Вес 1 пог. *м* в *кг*.

Полосовая сталь.

Толщина . . . . . *мм*			3	5	6	8	10	13	15	20	25	30
Ширина 6 *мм*	Содержан. вольфрама в %	5	0,146	0,243	0,292	0,389	0,486	0,632	0,729	0,972	1,215	1,458
		10	0,150	0,251	0,301	0,401	0,501	0,651	0,752	1,002	1,253	1,503
		15	0,155	0,258	0,310	0,413	0,516	0,671	0,774	1,032	1,290	1,548
		18	0,160	0,267	0,320	0,427	0,534	0,694	0,801	1,068	1,335	1,602
Толщина . . . . . *мм*			3	5	6	8	10	13	15	20	25	30
Ширина 8 *мм*	Содержан. вольфрама в %	5	0,194	0,324	0,389	0,518	0,648	0,842	0,972	1,296	1,620	1,944
		10	0,200	0,334	0,401	0,534	0,668	0,868	1,002	1,336	1,670	2,004
		15	0,206	0,344	0,413	0,550	0,688	0,894	1,032	1,376	1,720	2,064
		18	0,214	0,356	0,427	0,570	0,712	0,926	1,068	1,424	1,780	2,136
Толщина . . . . . *мм*			3	5	6	8	10	13	15	20	25	30
Ширина 10 *мм*	Содержан. вольфрама в %	5	0,243	0,405	0,486	0,648	0,810	1,053	1,215	1,620	2,025	2,430
		10	0,251	0,418	0,501	0,668	0,835	1,086	1,253	1,670	2,088	2,505
		15	0,258	0,430	0,516	0,688	0,860	1,118	1,290	1,720	2,150	2,580
		18	0,267	0,445	0,534	0,712	0,890	1,157	1,335	1,780	2,225	2,670
Толщина . . . . . *мм*			3	5	6	8	10	13	15	20	25	30
Ширина 12 *мм*	Содержан. вольфрама в %	5	0,292	0,486	0,583	0,778	0,972	1,264	1,458	1,944	2,430	2,916
		10	0,301	0,501	0,601	0,802	1,002	1,303	1,503	2,044	2,505	3,006
		15	0,310	0,516	0,619	0,826	1,032	1,342	1,548	2,064	2,580	3,096
		18	0,320	0,534	0,641	0,854	1,068	1,388	1,602	2,136	2,670	3,204
Толщина . . . . . *мм*			3	5	6	8	10	13	15	20	25	30
Ширина 16 *мм*	Содержан. вольфрама в %	5	0,389	0,648	0,778	1,037	1,296	1,685	1,944	2,592	3,240	3,888
		10	0,401	0,668	0,862	1,069	1,336	1,734	2,004	2,672	3,340	4,008
		15	0,413	0,688	0,826	1,101	1,376	1,789	2,064	2,752	3,440	4,128
		18	0,427	0,712	0,854	1,139	1,424	1,851	2,136	2,848	3,560	4,272
Толщина . . . . . *мм*			3	5	6	8	10	13	15	20	25	30
Ширина 20 *мм*	Содержан. вольфрама в %	5	0,486	0,810	0,972	1,296	1,620	2,106	2,430	3,240	4,050	4,860
		10	0,501	0,835	1,002	1,336	1,670	2,171	2,505	3,340	4,175	5,010
		15	0,516	0,860	1,032	1,376	1,720	2,236	2,580	3,440	4,300	5,160
		18	0,534	0,890	1,068	1,424	1,780	2,314	2,670	3,560	4,450	5,340
Толщина . . . . . *мм*			3	5	6	8	10	13	15	20	25	30
Ширина 23 *мм*	Содержан. вольфрама в %	5	0,559	0,932	1,118	1,490	1,863	2,422	2,795	3,726	4,658	5,589
		10	0,576	0,960	1,152	1,536	1,921	2,497	2,881	3,841	4,801	5,761
		15	0,593	0,989	1,187	1,582	1,978	2,571	2,967	3,956	4,945	5,934
		18	0,614	1,024	1,228	1,638	2,047	2,661	3,071	4,094	5,112	6,141
Толщина . . . . . *мм*			3	5	6	8	10	13	15	20	25	30
Ширина 25 *мм*	Содержан. вольфрама в %	5	0,608	1,013	1,215	1,620	2,025	2,633	3,038	4,050	5,063	6,075
		10	0,626	1,044	1,253	1,670	2,088	2,714	3,131	4,175	5,219	6,263
		15	0,645	1,075	1,290	1,720	2,150	2,795	3,225	4,300	5,375	6,450
		18	0,668	1,113	1,335	1,780	2,225	2,893	3,338	4,450	5,563	6,675
Толщина . . . . . *мм*			3	5	6	8	10	13	15	20	25	30
Ширина 30 *мм*	Содержан. вольфрама в %	5	0,729	1,215	1,458	1,944	2,430	3,159	3,645	4,860	6,075	7,290
		10	0,752	1,253	1,503	2,004	2,505	3,257	3,758	5,010	6,263	7,515
		15	0,774	1,290	1,548	2,064	2,580	3,354	3,870	5,160	6,450	7,740
		18	0,801	1,335	1,602	2,136	2,670	3,471	4,005	5,340	6,675	8,010
Толщина . . . . . *мм*			3	5	6	8	10	13	15	20	25	30
Ширина 40 *мм*	Содержан. вольфрама в %	5	0,972	1,620	1,944	2,592	3,240	4,212	4,860	6,480	8,100	9,720
		10	1,002	1,670	2,004	2,672	3,340	4,342	5,010	6,680	8,350	10,020
		15	1,032	1,720	2,064	2,752	3,440	4,472	5,160	6,880	8,600	10,320
		18	1,068	1,780	2,136	2,848	3,560	4,628	5,340	7,120	8,900	10,680

Таблица веса металлических листов в *кг/м²*.

Толщина *мм*	Чугун	Сварочное железо	Литое железо	Литая и прокатанная сталь	Медь	Латунь	Бронза	Цинк	Свинец
1	7,25	7,8	7,85	7,86	8,9	8,5	8,6	7,2	11,37
2	14,50	15,6	15,70	15,72	17,8	17,0	17,2	14,4	22,74
3	21,75	23,4	23,55	23,58	26,7	25,5	25,8	21,6	34,11
4	29,00	31,2	31,40	31,44	35,6	34,0	34,4	28,8	45,48
5	36,25	39,0	39,25	39,30	44,5	42,5	43,0	36,0	56,85
6	43,50	46,8	47,10	47,16	53,4	51,0	51,6	43,2	68,22
7	50,75	54,6	54,95	55,02	62,3	59,5	60,2	50,4	79,59
8	58,00	62,4	62,80	62,88	71,2	68,0	68,8	57,6	90,96
9	65,25	70,2	70,65	70,74	80,1	76,5	77,4	64,8	102,33
10	72,50	78,0	78,50	78,60	85,0	85,0	86,0	72,0	113,70
11	79,75	85,8	86,35	86,46	97,9	93,5	94,6	79,2	125,07
12	87,00	93,6	94,20	94,32	106,8	102,0	103,2	86,4	136,44
13	94,25	101,4	102,05	102,18	115,7	110,5	111,8	93,6	147,81
14	101,50	109,2	109,90	110,04	124,6	118,5	120,4	100,8	159,18
15	108,75	117,0	117,75	117,90	133,5	127,5	129,0	108,0	170,55
16	116,00	124,8	125,60	125,76	142,4	136	137,6	115,2	181,92
17	123,25	132,6	133,45	133,62	151,3	144,5	146,2	122,4	193,29
18	130,50	140,4	141,30	141,48	160,2	153	154,8	129,6	204,66
19	137,75	148,2	149,15	149,34	169,1	161,5	163,4	136,8	216,03
20	145,00	156,0	157,00	157,20	178,0	170,0	172,0	144,0	227,40
21	152,25	163,8	164,85	165,06	186,9	178,5	180,6	151,2	238,77
22	159,50	171,6	172,70	172,92	195,8	187,0	189,2	158,4	250,14
23	166,75	179,4	180,55	180,78	204,7	195,5	197,8	165,6	261,51
24	174,00	187,2	188,40	188,64	213,6	204,0	206,4	172,8	272,88
25	181,25	195,0	196,25	196,50	222,5	212,5	215,0	180,0	284,25
26	188,50	202,8	204,10	204,36	231,4	221,0	223,6	187,2	295,62
27	195,75	210,6	211,95	212,22	240,3	229,5	232,2	194,4	306,99
28	203,00	218,4	219,80	220,08	249,2	238,0	240,8	201,6	318,36
29	210,25	226,2	227,65	227,94	258,1	246,5	249,4	208,7	329,78
30	217,50	234,0	235,50	235,80	267,0	255,0	258,0	216,0	341,10
Сравнительный вес листов тех же металлов									
Чугун . .	1	1,076	1,083	1,084	1,228	1,172	1,186	0,993	1,568
Свар. жел.	0,929	1	1,006	1,008	1,141	1,089	1,103	0,923	1,458
Сталь . .	0,924	0,924	1	1,001	1,134	1,083	1,096	0,917	1,448

2. СОРТАМЕНТ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ.

1. Прутки круглые, квадратные и шестигранные.

Прутки из цветных металлов и сплавов круглые тянутые, повышенной точности протяжки;
(по ОСТ 2976)
и обычной точности протяжки
(по ОСТ 2975).

Общие размеры						Для повышенной точности протяжки по ОСТ 2976	Для обычной точности протяжки по ОСТ 2975
Диаметр *d мм*	Площадь поперечного сечения *F мм²*	Приблизительный вес 1 пог. метра *кг*				Допускаемые отклонения *мм*	Допускаемые отклонения *мм*
		Красная медь и бронза	Латунь, мунц и морская латунь	Алюминий	Бронза алюм-марган. и латунь марган.		
5	19,64	0,175	0,167	0,0536	0,161	— 0,08	± 0,08
5,5	23,76	0,212	0,202	0,0649	0,195	"	"
6	28,27	0,252	0,240	0,0772	0,232	"	"
6,5	33,18	0,295	0,282	0,0906	0,272	— 0,10	± 0,10
7	38,48	0,343	0,327	0,105	0,316	"	"
7,5	44,18	0,393	0,376	0,121	0,362	"	"
8	50,27	0,447	0,427	0,137	0,412	"	"
8,5	56,75	0,505	0,482	0,155	0,465	"	"
9	63,62	0,566	0,541	0,174	0,522	"	"
9,5	70,88	0,631	0,602	0,194	0,581	"	"
10	78,54	0,699	0,668	0,214	0,644	"	"
11	95,03	0,846	0,808	0,259	0,779	— 0,15	± 0,15
12	113,1	1,007	0,961	0,309	0,927	"	"
13	132,7	1,181	1,128	0,362	1,088	"	"
14	153,9	1,370	1,308	0,420	1,262	"	"
15	176,7	1,573	1,502	0,482	1,449	"	"
16	201,1	1,790	1,709	0,549	1,649	"	"
17	227,0	2,020	1,930	0,620	1,861	"	"
18	254,5	2,265	2,163	0,695	2,087	"	"
19	283,5	2,523	2,410	0,774	2,325	— 0,20	± 0,20
20	314,2	2,796	2,671	0,858	2,576	"	"
21	346,4	3,083	2,944	0,946	2,840	"	"
22	380,1	3,383	3,231	1,038	3,117	"	"
23	415,5	3,698	3,532	1,134	3,407	"	"
24	452,4	4,026	3,845	1,235	3,710	"	"
25	490,9	4,369	4,173	1,340	4,025	"	"
26	530,9	4,725	4,513	1,449	4,354	"	"
27	572,6	5,096	4,867	1,563	4,695	"	"

Общие размеры						Для повышенной точности протяжки по ОСТ 2976	Для обычной точности протяжки по ОСТ 2975
Диаметр *d мм*	Площадь поперечного сечения *F мм*	Приблизительный вес 1 пог. мет. *кг*				Допускаемые отклонения *мм*	Допускаемые отклонения *мм*
		Красная медь и бронза	Латунь, мунц и морская латунь	Алюминий	Бронза алюм. марган. и латунь марган.		
28	615,8	5,481	5,234	1,681	5,049	— 0,20	± 0,20
30	706,9	6,291	6,009	1,930	5,796	"	"
32	804,2	7,157	6,836	2,195	6,595	— 0,25	± 0,25
34	907,9	8,080	7,717	2,479	7,445	"	"
36	1017,9	9,059	8,652	2,779	8,347	"	"
38	1134,1	10,093	9,640	3,096	9,300	"	"
40	1256,6	11,184	10,681	3,431	10,304	"	"
42	1385,4	12,330	11,776	3,782	11,084	"	"
45	1590,4	14,155	13,518	4,342	13,042	"	"
48	1809,6	16,105	15,382	4,940	14,838	"	"
50	1963,5	17,475	16,690	5,360	16,101	"	"

1. ОСТ 2975 относится к материалам: *красная медь, бронза, латунь*, мунц, морская латунь и алюминий. ОСТ 2976—к материалам: красная медь, бронза оловяно-цинковая, латунь, мунц, бронза алюминиево-марганцовистая и латунь марганцовистая.

2. Материалы прутков повышенной точности протяжки: красная медь *марки* М 4 *по* ОСТ 308; медно-цинковые сплавы марки Л 62 и ЛС 52 по ОСТ 312; бронза оловяно-цинковая, хим. состав: Sn = 4%, Zn = 3% сумма случайных примесей не > 1%, остальное — Cu; бронза алюминиево-марганцовистая хим. состав: Al = 8%, Mn = 2%, сумма случайных примесей не > 0,5%, остальное — Cu; латунь марганцовистая хим. сост.: Zn = 40%, Mn = 2%, остальное — Cu.

3. Материалы прутков обычной точности протяжки: красная медь марки М 4 по ОСТ 308; медно-цинковые сплавы марок Л 62, ЛС 59 и ЛМ 62 по ОСТ 312; бронза оловяно-цинковая хим. сост.: Sn = 4%, Zn = 3%, сумма случайных примесей не > 1%, остальное — Cu; бронза алюминиево-марганцовистая, хим. сост.: Al = 8%, Mn = 2%, сумма случайных примесей не > 0,5%, остальное — Cu; латунь марганцовистая хим. сост.: Zn = 40%, Mn = 2%, остальное — Cu; алюминий хим. состав: Al не < 98%, и примесей не > 2%, в том числе Fe + Si не > 1,5% и Cu + Zn не > 0,3%.

4. Длина прутков при диаметре 5—14 *мм* . . . . . 2—4 *м*
" " " " 15—50 " . . . . . 2—5,5 "

Примечания: а) В пределах указанных длин прутков, по соглашению сторон, могут *быть установлены мерные размеры* с точностью ± 10 *мм*.

б) При отсутствии указания на мерность допускаются короткомерные прутки в количестве до 10% со следующими пределами:

Для ∅ до 35 *мм* вкл. не короче 1,5 *м*
„ „ свыше 35 „ „ „ „ 1,0 „

5. Прутки поставляются в неотожженном виде, если в заказе не оговорено иначе.

6. При исчислении веса погонного метра принят удельный вес меди — 8,9; латуни — 8,5; алюминия — 2,73; бронзы оловяно-цинковой — 8,9; бронзы алюминиево-марганцовистой и латуни марганцовистой — 8,2.

Прутки из цветных металлов и сплавов, круглые катанные (по ОСТ 2977).

d *мм*	Допускаемые отклонения *мм*	Площадь поперечного сечения *мм²*	Приблизительный вес 1 пог. метра *кг*			
			Красная медь и бронза оловяно-цинковая	Латунь, мунц и морская латунь	Аллюминий	Бронза алюминиево-марганцевая и латунь марганцевая
38	± 2,5%	1134,1	10,093	9,640	3,096	9,300
40	„	1256,6	11,184	10,681	3,431	10,304
42	„	1385,4	12,330	11,776	3,782	11,084
45	„	1590,4	14,155	13,518	4,342	13,042
48	„	1809,6	16,105	15,382	4,940	14,838
50	„	1963,5	17,475	16,690	5,360	16,101
(52)	± 2,0%	2123,7	18,901	18,051	5,798	17,415
55	„	2375,8	21,146	20,196	6,486	19,482
60	„	2827,4	25,160	24,030	7,719	23,185
65	„	3318,3	28,530	28,203	9,059	27,210
70	„	3848,4	34,247	32,708	10,506	31,557
75	„	4417,9	39,320	37,553	12,061	36,226
80	„	5026,5	44,740	42,730	15,722	41,218
85	„	5674,5	50,508	48,238	15,491	46,531
90	„	6361,7	56,622	54,077	17,367	52,166
95	„	7088,2	63,083	60,248	19,351	58,123
100	„	7854	69,900	66,759	21,441	64,403

1. Материал: красная медь марки М 4 по ОСТ 308; медно-цинковые сплавы марок: Л 62, ЛС 59 и ЛМ 62 по ОСТ 312; бронза оловяно-цинковая химич. состава: Sn = 4%, Zn = 3%, сумма случайных примесей не > 1%, остальное — Cu; бронза алюминиево-марганцовистая, химич. состава: Al = 8%, Mn = 2%, сумма случайных примесей не > 0,5%, остальное — Cu; латунь марганцовистая хим. состава: Zn = 40%, Mn = 2%, остальное — Cu; алюминий хим. состава: Al не < 98% и примесей не > 2%, в том числе Fe + Si не > 1,5% и Cu + Zn не > 0,3%.

2. Длина прутков: красной меди, латунных марганцовистой латуни и алюминия:

Для ∅ 38— 70 *мм* . . . . . 1 —3 *м*
„ „ 75—100 „ . . . . . 0,7—1,5 „

Бронзы оловяно-цинковой и бронзы алюминиево-марганцовистой:

Для ∅ 38— 48 *мм* . . . . . 1 — 3 *м*
„ „ 50— 70 „ . . . . . 0,75—1,5 „
„ „ 75—100 „ . . . . . 0,7 — 1 „

Примечания: а) В пределах указанных длин прутков, по соглашению сторон, могут быть установлены мерные размеры с точностью ± 10 *мм*.

б) При отсутствии указания на мерность допускаются коротко-мерные прутки в количестве до 10% со следующими пределами:

Для красной меди, латуни, марганцовистой латуни и алюминия:

Для ∅ 38— 70 *мм* . . . . не короче 0,7 *м*
„ „ 75—100 „ . . . . „ „ 0,5 „

Для бронзы оловяно-цинковой и алюминиево-марганцовистой:

Для ∅ 38 — 48 *мм* . . . . не короче 0,7 *м*
„ „ 50—100 „ . . . . „ „ 0,5 „

3. Прутки поставляются в неотожженном виде, если не оговорено иначе в заказе.

4. При вычислении веса погонного метра принят удельный вес меди — 8,9; латуни, мунца и морской латуни — 8,5; алюминия — 2,73; бронзы оловяно-цинковой — 8,9 и бронзы алюминиево-марганцовой и латуни марганцовой — 8,2.

5. Размер в скобках по возможности не применять.

Прутки из цветных металлов и сплавов круглые, прессованные
(по ОСТ 2978).

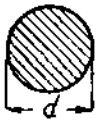
d *мм*	Площадь поперечн. сечения *F* *мм*²	Прибл. вес 1 пог. метра кг		*d* *мм*	Площадь поперечн. сечения *F* *мм*²	Прибл. вес 1 пог. метра кг	
		Латунь, мунц, морская латунь	Алюминий			Латунь, мунц, морская латунь	Алюминий
(52)	2123,7	18,051	5,798	65	3318,3	28,203	9,059
55	2375,8	20,196	6,486	70	3848,4	32,708	10,506
60	2827,4	24,030	7,719	75	4417,9	37,553	12,061

1. Размер в скобах по возможности не применять.
2. Допускаемое отклонение по диаметру $\pm 1{,}5\%$.
3. Материалы: медно-цинковые сплавы марок *Л 62*, *ЛС 59* и ЛМ 62 по ОСТ 312; алюминий состава: Al не $< 98\%$ и примесей не $> 2\%$, в том числе Fe + Si не $> 1{,}5\%$ и Cu + Zn не $> 0{,}3\%$.
4. Длина прутков от 0,7 *м* до 2 *м*.

Примечания: а. В пределах длины прутков, по соглашению сторон, могут быть установлены мерные размеры с точностью ± 10 *мм*.

б. При отсутствии указаний на мерность допускаются короткомерные прутки в количестве до 10%, длиною не $< 0{,}5$ *м*.

5. Прутки поставляются в неотожженном виде, если в заказе не оговорено иначе.
6. При исчислении веса погонного метра принят удельный вес латуни, мунца и морской латуни — 8,5, алюминия — 2,73.



Прутки дуралюминиевые

(по Промстандарт ЦМЗ 62).

Диаметр *d* *мм*	Допускаемые отклонения *мм*	Площадь поперечного сечения *F* *мм²*	Приблизительный теоретич. вес 1 пог. метра *кг*	Диаметр *d* *мм*	Допускаемые отклонения *мм*	Площадь поперечного сечения *F* *мм²*	Приблизительный теоретич. вес 1 пог. метра *кг*
8	$\pm 0{,}2$	50,27	0,141	50	$\pm 0{,}5$	1963,50	5,498
10	$\pm 0{,}3$	78,54	0,220	55	$\pm 0{,}6$	2375,83	6,652
12	„	113,10	0,317	60	„	2827,43	7,917
15	„	176,71	0,495	65	$\pm 0{,}7$	3318,31	9,291
18	$\pm 0{,}4$	254,47	0,713	70	„	3848,45	10,176
20	„	314,16	0,880	75	$\pm 0{,}8$	4417,86	12,370
25	„	490,87	1,374	80	„	5026,55	14,074
30	$\pm 0{,}5$	706,86	1,979	85	$\pm 0{,}9$	5674,50	15,889
35	„	962,11	2,694	90	„	6361,73	17,813
40	„	1256,64	3,519	95	$\pm 1{,}0$	7088,22	18,847
45	„	1590,43	4,453	100	„	7853,98	21,991

1. Материал: дуралюминий, хим. состав по Промстандарт 63 ЦМЗ (стр. 382).
2. Длина дуралюминиевых прутков должна быть равна 0,5; 1; 1,5 и 2 *м* в зависимости от условий заказа.
3. Допуск по длине должен быть равен ± 10 *мм*.
4. *Технические условия по Промстандарт* 63 ЦМЗ (стр. 381).
5. При исчислении веса пог. метра принят удельный вес 2,8.

Проволока из цветных металлов и сплавов круглая, обыкновенная, тянутая

(по ОСТ 2974).

d диаметр *мм*	Допускаемые отклонения *мм*	Площадь поперечного сечения *F* *мм*²	Приблизительный вес 1000 пог. метров *кг*		
			Красная медь и бронза	Латунь	Томпак
0,1	± 0,01	0,00785	0,070	0,067	0,069
0,15	"	0,01767	0,157	0,150	0,155
0,2	"	0,03142	0,280	0,267	0,276
0,25	"	0,04909	0,437	0,417	0,432
0,3	± 0,015	0,07069	0,629	0,601	0,622
0,35	"	0,09621	0,856	0,818	0,847
0,4	± 0,02	0,1257	1,118	1,068	1,106
0,45	"	0,1590	1,415	1,352	1,399
0,5	"	0 1964	1,748	1,669	1,728
0,55	± 0,025	0,2376	2,115	2,020	2,091
0,6	"	0,2827	2,516	2,403	2,488
0,65	"	0,3318	2,953	2,820	2,920
0,7	"	0,3848	3,425	2,271	3,386
0,75	"	0,4418	3,932	3,755	3,888
0 8	"	0,5027	4,474	4,273	4,424
0,9	"	0,6362	5,662	5,408	5,599
1,0	± 0,03	0,7854	6,990	6,676	6,912
1,1	"	0,9503	8,455	8,078	8,363
1,2	"	1,131	10,066	9,614	9,953
1,3	"	1,327	11,810	11,280	11,678
1,4	"	1,539	13,697	13,082	13,543
1,5	"	1,767	15,726	15,020	15,550
1,6	"	2,011	17,898	17,094	17,697
1,7	"	2,270	20,203	19,295	19,976
1,8	"	2,545	22,651	21,633	22,396
1,9	"	2,835	25,232	24,098	24,948
2,0	± 0,04	3,142	27,964	26,707	27,650
2,1	"	3,464	30 830	29,444	30,483
2,2	"	3,801	33,829	32,309	33,449
2,3	"	4,155	36,980	35,318	36,564
2,4	"	4,524	40,264	38,454	39,811
2,5	"	4 909	43,690	41,727	43,199
2,6	"	5 309	47,250	45,127	46,719
2,7	"	5,726	50,961	48,671	50,389
2,8	"	6,158	54,806	52,343	54,190
2,9	"	6,605	58,785	56,143	58,124

d диаметр *мм*	Допускаемые отклонения *мм*	Площадь поперечного сечения *F* *мм²*	Приблизительный вес 1000 пог. метров *кг*		
			Красная медь и бронза	Латунь	Томпак
3,0	± 0,05	7,069	62,914	60,087	62,207
3,2	»	8,042	71,574	68,357	70,770
3,5	»	9,621	85,627	81,779	84,665
3,8	»	11,34	100,926	96,390	99,792
4,0	»	12,57	111,873	106,845	110,616
4,5	»	15,90	141,510	135,150	139,920
5,0	± 0,06	19,64	174,796	166,940	172,832
5,5	»	23,76	211,464	201,960	209,088
6,0	»	28,27	251,603	240.295	248,776
6,5	»	33,18	295,302	282,030	291,984
7,0	± 0,08	38,48	342,472	327,080	338,624
7,5	»	44,18	393,202	375,530	388,784
8,0	»	50,27	447,403	427,295	442,376
8,5	»	56,75	505,075	482,375	499,400
9,0	»	63,62	566,218	540,770	559,856
9,5	»	70,88	630,832	602,480	623,744
10,0	»	78,54	699,006	667,590	691,152

1. Материал: красная медь марки М 4 по ОСТ 308; медноцинковые сплавы марок Л 62, ЛС 59, ЛТ 90, ЛТ 80 по ОСТ 312; бронза оловяно-цинковая химич. состава: Sn = 4%, Zn = 3%, сумма случайных примесей не > 1%, остальное — Cu.

2. Проволока диаметром 0,5 *мм* и тоньше поставляется в бухтах или в катушках, а диаметром 0,55 *мм* и выше — в бухтах.

3. Проволока поставляется светлотянутая (неотожженная) или мягкая (отожженная).

4. При исчислении веса погонного метра проволоки принят удельный вес меди — 8,9; томпака — 8,8; латуни — 8,5 и бронзы — 8,9.

5. В исключительных случаях, по особому соглашению между потребителем и производителем, может быть установлен односторонний допуск (плюсовый или минусовый) с той же абсолютной величиной, которая предусмотрена данным стандартом.

Проволока алюминиевая для заклепок
(по ОСТ 4280).

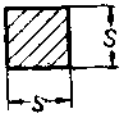
Диаметр *мм*		Допускаемые отклонения в диаметре проволоки *мм*	Площадь поперечного сечения *мм²*	Приблизит. теорет. вес 1 пог. метра *кг*
Проволоки	Заклепок			
1,42	1,5	± 0,03	1,584	0,0013
1,92	2,0	"	2,895	0,0079
2,52	2,6	"	5,147	0,0140
2,92	3,0	± 0,04	6,697	0,0183
3,42	3,5	"	9,186	0,0251
3,92	4,0	"	12,069	0,0329
4,92	5,0	± 0,05	19,089	0,0521
5,92	6,0	"	27,525	0,0751
6,92	7,0	"	37,610	0,1027
7,92	8,0	"	49,265	0,1345
8,92	9,0	"	62,491	0,1706
9,92	10,0	"	77,288	0,2110

1. Материал: алюминий марок Ал I и Ал II по ОСТ 2028.
2. Вся проволока сдается в бухтах.
3. При исчислении веса пог. метра принят удел. вес 2,73.

Проволока алюминиевая обычного назначения
(по ОСТ 4282)

Диам. *мм*	Допуск. отклонения *мм*	Площадь поперечного сеч. *мм²*	Приблиз. теоретич. вес 100 пог. метр. *кг*	Диам. *мм*	Допуск. отклонения *мм*	Площадь поперечного сеч *мм²*	Приблиз. теоретич. вес 1000 пог. метр. *кг*
1,0	± 0,04	0,7854	2,144	6,0	± 0,08	28,274	77,188
1,5	"	1,767	4,824	6,5	"	33,183	90,590
2,0	± 0,05	3,142	8,578	7,0	± 0,10	38,485	105,064
2,5	"	4,909	13,402	7,5	"	44,179	120,609
3,0	± 0,06	7,069	19,298	8,0	"	50,266	137,226
3,5	"	9,621	26,265	8,5	"	56,745	154,914
4,0	"	12,566	34,305	9,0	"	63,617	173,674
4,5	"	15,904	43,418	9,5	"	70,882	193,509
5,0	± 0,08	19,635	53,604	10,0	"	78,540	214,414
5,5	"	23,758	64,859				

1. Материал: алюминий марок Ал I и Ал II по ОСТ 2028.
2. Вся проволока сдается в бухтах.
3. При исчислении веса пог. метра принят уд. вес 2,73.
4. Для мягкого материала временное сопротивление не менее 8 *кг/мм²*; относительное удлин. на расчет. длине $l = 100$ *мм* не менее 15% для ∅ от 1 до 2,5 *мм* и 20% для ∅ от 3 до 10 *мм*. Для твердого материала врем. сопр. не менее 16 *кг/мм²* для ∅ от 1 до 5 *мм* и 14 *кг/мм²* для ∅ от 6 до 10 *мм*. Относит. удлин. не менее 2% для ∅ от 1 до 5 *мм* и 3% для ∅ от 6 до 10 *мм*.



Прутки из цветных металлов и сплавов тянутые квадратные.

Прутки повышенной точности протяжки „размер под ключ"
(по ОСТ 2980).

Прутки обычной точности протяжки
(по ОСТ 2979)

Общие размеры				Для прутков обычной точности протяжки по ОСТ 2979		Для прутков повышенной точности протяжки по ОСТ 2980	
Размер стороны квадрата S мм	Площадь поперечного сечения F мм²	Прибл. вес 1 пог. метра кг		Допускаемые отклонения мм		Допускаемые отклонения мм	
		Красная медь и бронза	Латунь, мунц и морская латунь	Для латуни	Для бронзы и красной меди	Для латуни	Для бронзы и красной меди
4	16	0,142	0,136	± 0,1	± 0,1	— 0,1	— 0,1
4,5	20,25	0,180	0,172	"	"	"	"
5	25	0,223	0,213	"	"	"	"
5,5	30,25	0,269	0,257	"	"	"	"
6	36	0,320	0,306	"	"	"	"
7	49	0,436	0,417	"	"	"	"
8	64	0,570	0,544	"	"	"	"
9	81	0,721	0,689	"	"	"	"
10	100	0,890	0,850	"	"	"	"
11	121	1,077	1,029	± 0,15	± 0,15	0,15	— 0,15
12	144	1,282	1,224	"	"	"	"
14	196	1,744	1,666	"	"	"	"
17	289	2,572	2,457	"	"	"	"
19	361	3,213	3,069	± 0,2	± 0,2	- 0,2	— 0,2
22	484	4,308	4,114	"	± 1%	"	"
24	576	5,126	4,896	"	"	"	"
27	729	6,488	6,157	"	"	"	"
30	900	8,010	7,650	"	"	"	"
32	1024	9,114	8,704	± 0,3	"	— 0,3	— 0,3
36	1296	11,534	11,016	"	не изгот.	"	не изгот.
41	1681	14,961	14,289	"	"	"	"
46	2116	18,832	17,986	"	"	"	"
50	2500	23,250	21,250	"	"	"	"

1. Материалы: красная медь марки М 4 по ОСТ 308; медно-цинковые сплавы Л 62, ЛС 59, ЛМ 62 по ОСТ 312; бронза оловяно-цинковая хим. состава: Sn = 4%, Zn = 3%, сумма случайных примесей не > 1%, остальное — Cu.

2. Длина прутков:

При толщине	5—14 *мм*	2—4 *м*
„ „	17—32 „	1,5—4 „
„ „	36—50 „	1,5—2,5 „

Примечание: а. Прутки толщиной 4 и 4,5 *мм* поставляются в бухтах.

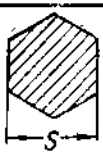
б) В пределах указанных длин прутков по соглашению сторон могут быть установлены мерные размеры с точностью ± 10 *мм*.

в) При отсутствии указания на мерность допускаются короткомерные прутки в количестве до 10% со следующими пределами:

Для толщины	до 14 *мм* включ. не короче	1,5 *м*
„ „	от 17 до 32 *мм* включ. не короче . . .	1 „
„ „	„ 36 „ 50 „ „ „ . . .	0,75 „

3. Прутки поставляются в неотожженном виде, если в заказе не оговорено иначе.

4. При исчислении веса погонного метра принят удельный вес меди и бронзы 8,9, латуни, мунца и морской латуни — 8,5.



Прутки из цветных металлов и сплавов тянутые шестигранные, размер „под ключ“ (по ОСТ 2981).

Размер „под ключ“ S *мм*	Допускаемые отклонения *мм*		Площадь поперечного сечения F *мм*²	Приблизит. вес 1 пог. метра *кг*	
	для латуни	для бронзы в красной меди		красная медь и бронза	латунь, мунц, морская латунь
3	— 0,1	— 0,1	7,79	0,069	0,066
3,5	„	„	10,61	0,094	0,090
4	„	„	13,86	0,123	0,118
4,5	„	„	17,54	0,156	0,149
5	„	„	21,65	0,193	0,184
5,5	„	„	26,20	0,233	0,223
6	„	„	31,18	0,278	0,265
7	„	„	42,43	0,379	0,362
8	„	„	55,42	0,493	0,471
9	„	„	70,15	0,624	0,596
10	„	„	86,60	0,771	0,736
11	— 0,15	— 0,15	104,79	0,933	0,891
12	„	„	124,70	1,110	1,060

Размер „под ключ" *S мм*	Допускаемые отклонения *мм*		Площадь поперечного сечения *мм²*	Приблизит. вес 1 пог. метра *кг*	
	для латуни	для бронзы и красной меди		красная медь и бронза	латунь, мунц, морская латунь
14	— 0,15	— 0,15	169,74	1,511	1,443
17	„	„	250,27	2,227	2,127
19	— 0,2	— 0,2	312,63	2,782	2,657
22	„	„	419,14	3,730	3,563
24	„	„	498,82	4,439	4,240
27	„	„	631,31	5,619	5,366
30	„	„	779,40	6,937	6,625
32	— 0,3	— 0,3	886,78	7,862	7,538
36	„	Не изгот.	1122,34	9,989	9,540
41	„	„	1455,75	12,956	12,374
46	„	„	1832,46	16,309	15,576
50	„	„	2165,00	19,269	18,403

1. Материал: красная медь М 4 по ОСТ 308; медно-цинковые сплавы Л 62, ЛС 59, ЛМ 62 по ОСТ 312; бронза оловяно-цинковая хим. состава: Sn = 4%, Zn = 3%, сумма случайных примесей не более 1%, остальное — Cu.

2. Длина прутков:

При *S* 3—14 *мм* . . . 2 —5 *м*
„ „ 17—32 „ . . . 1,5 —4 „
„ „ 36 - 50 „ . . . 1,5 - 2,5 „

Примечание: а) Прутки толщиной 3; 3,5; 4; 4,5 *мм* поставляются в бухтах.

б) В пределах указанных длин прутков по соглашению сторон могут быть установлены мерные размеры с точностью ± 10 *мм*.

в) При отсутствии указаний на мерность допускаются короткомерные прутки в количестве до 10% со следующими пределами:

Для толщины до 14 *мм* включ. не короче . . . . . 1,5 *м*
„ „ от 17 „ до 32 *мм* включ. не короче 1 „
„ „ „ 36 „ „ 50 „ „ „ „ . 0,75 „

3. Прутки поставляются в неотожженном виде, если в заказе не оговорено иначе.

4. При исчислении веса погонного метра принят удельный вес меди и бронзы — 8,9, латуни, мунца и морской латуни — 8,5.

2. Листовой и ленточный металл.

Листы латунные повышенной точности прокатки (по ОСТ 2563).

Допускаемые отклонения по толщине.

Ширина и длина *мм* / Толщина *мм*	600 × × 1500 (600 × × 2000)	710 × × 1410	1000 × × 2000	Теоретический вес 1 *м*² *кг*
0,20	± 0,03	—	—	1,70
0,25	»	—	—	2,13
0,30	»	—	—	2,55
0,35	»	—	—	2,98
0,40	± 0,04	± 0,05	—	3,40
0,45	»	»	—	3,83
0,50	»	»	—	4,25
0,60	± 0,05	± 0,06	—	5,10
0,70	»	»	—	5,95
0,80	»	»	—	6,80
0,90	± 0,06	± 0,08	—	7,65
1,00	»	»	± 0,08	8,50
1,20	»	»	»	10,20
1,50	± 0,08	± 0,10	± 0,10	12,75
1,80	»	»	»	15,30
2,00	»	»	± 0,12	17,00
2,50	± 0,10	± 0,12	»	21,25
3,00	»	»	± 0,15	25,50

1. Допустимые отклонения по ширине и длине листов ± 5 *мм*.

2. Теоретический вес листов взят по удельному весу 8,5.

3. Материал — латунь марки Л 62 по ОСТ 312 (марок Л 68, Л 80 и ЛТ 90 рекомендуется по возможности не применять).

4. Измерение толщины листов должно производиться на расстоянии не ближе 100 *мм* от угла листа и 40 *мм* от края листа.

5. Размеров, стоящих в скобках, по возможности не применять.

Листы латунные обычной точности прокатки

(по ОСТ 2564).

Допускаемые отклонения по толщине.

Толщина *мм* / Ширина и длина *мм*	600 × 1500	710 × 1410	1000 × 2000	Теоретический вес 1 $м^2$ *кг*
0,20	± 0,04	—	—	1,70
0,25	»	—	—	2,13
0,30	»	—	—	2,55
0,35	»	—	—	2,98
0,40	± 0,05	± 0,06	—	3,40
0,50	»	»	—	4,25
0,60	± 0,06	± 0,08	—	5,10
0,70	»	»	—	5,95
0,80	»	»	—	6,80
0,90	± 0,08	± 0,10	—	7,65
1,00	»	»	± 0,12	8,50
1,20	»	»	»	10,20
1,50	± 0,10	± 0,12	± 0,14	12,75
1,80	»	»	»	15,30
2,00	»	»	»	17,00
2,50	± 0,12	± 0,14	± 0,16	21,25
3,00	»	»	»	25,50
3,50	± 0,14	∓ 0,16	± 0,20	29,75
4,00	»	»	»	34,00
5,00	± 0,16	± 0,20	± 0,25	42,50
6,00	»	»	»	51,00
7,00	± 0,18	± 0,25	± 0,30	59,50
8,00	»	»	»	68,00
9,00	± 0,20	»	»	76,50
10,00	»	»	»	85,00

1. Допустимые отклонения: по ширине ± 10 *мм*, по длине + 15 и − 5 *мм*.

2. Материал: латунь марок Л 62 и Л 59 по ОСТ 312.

3. Теоретический вес листа взят по удельному весу 8,5.

4. Измерение толщины листов должно производиться на расстоянии не ближе 100 *мм* от угла листа и 40 *мм* от края листа.

Листы мунцевые повышенной точности прокатки

(по ОСТ 2565).

Допускаемые отклонения по толщине.

Толщина *мм* \ Ширина и длина *мм*	600 × 1500 (600 × 2000)	710 × 1410	1000 × 2000	Теоретический вес 1 $м^2$ *кг*
0,40	± 0,04	—	—	3,40
0,50	"	± 0,05	—	4,25
0,60	± 0,05	± 0,06	—	5,10
0,70	"	"	—	5,95
0,80	"	"	—	6,80
0,90	± 0,06	± 0,08	—	7,65
1,00	"	"	—	8,50
1,20	"	"	—	10,20
1,50	± 0,08	± 0 10	± 0,10	12,75
1,80	"	"	"	15,30
2,00	"	"	± 0,12	17,00
2,50	± 0,10	± 0,12	"	21,25
3,00	"	"	± 0,15	25,50
3,50	—	± 0,14	"	29,75
4,00	—	"	± 0,18	34,00
5,00	—	± 0,16	"	42,50
6,00	—	"	± 0,22	51,00
7,00	—	± 0,18	"	59,50
8,00	—	"	± 0,25	68,00
9,00	—	± 0,20	"	76,50
10,00	—	"	"	85,00

1. Допускаемые отклонения: a) по ширине для отожженных листов толщиной до 2,5 *мм* включительно ± 5 *мм*, свыше 2,5 *мм* ± 10 *мм*; для неотожженных листов толщиной до 1,5 *мм* включительно ± 5 *мм*, свыше 1,5 ± 10 *мм*. b) по длине +10 *мм* и —5 *мм*.

2. Материал—мунц марки ЛС 59 по ОСТ 312.

3. Теоретический вес листов взят по удельному весу 8,5.

4. Размеров, указанных в скобках, *по возможности не применять*.

5. Измерение толщины листов должно производиться на расстоянии не ближе 100 *мм* от угла листа и 40 *мм* от края листа.

Листы мунцевые обычной точности прокатки

(по ОСТ 2566).

Допускаемые отклонения по толщине.

Толщина *мм* \ Ширина и длина *мм*	600 × 1500	710 × 1410	1000 × 2000	Теоретический вес 1 $м^2$ *кг*
0,40	± 0,05	—	—	3,40
0,50	„	± 0,06	—	4,25
0,60	± 0,06	± 0,08	—	5,10
0,70	„	„	—	5,95
0,80	„	„	—	6,80
0,90	± 0,08	± 0,10	—	7,65
1,00	„	„	—	8,50
1,20	„	„	—	10,20
1,50	± 0,10	± 0,12	± 0,14	12,75
1,80	„	„	„	15,30
2,00	„	„	„	17,00
2,50	± 0,12	± 0,14	± 0,16	21,25
3,00	„	„	„	25,50
3,50	—	± 0,16	± 0,20	29,75
4,00	—	„	„	34,00
5,00	—	± 0,20	± 0,25	42,50
6,00	—	„	„	51,00
7,00	—	± 0,25	± 0,30	59,50
8,00	—	„	„	68,00
9,00	—	„	„	76,50
10,00	—	„	„	85,00

1. Допускаемые отклонения: по ширине ± 10 *мм*, по длине + 1 и — 5 *мм*.

2. Материал — мунц марки ЛС59 по ОСТ 312.

3. Теоретический вес листа взят по удельному весу 8,5.

4. Измерение толщины листов должно производиться на расстоянии не ближе 100 *мм* от угла листа и 40 *мм* от края листа.

Листы алюминиевые
(по ОСТ 2 67).

Допускаемые отклонения по толщине.

Толщина *мм* / Ширина и длина *мм*	600 × × 1500	710 × × 1410	1000 × × 2000	500 × × 2000	Теоретический вес 1 $м^2$ *кг*
0,3	—	—	—	± 0,05	0,82
0,4	—	—	—	"	1,09
0,5	± 0,04	± 0,05	—	—	1,37
0,6	± 0,05	± 0,06	—	—	1,64
0,7	"	"	—	—	1,91
0,8	"	"	—	—	2,18
0,9	± 0,06	± 0,08	—	—	2,46
1,0	"	"	± 0,08	—	2,73
1,2	"	"	"	—	3,28
1,5	± 0,08	± 0,10	± 0,10	—	4,10
(1,8)	"	"	"	—	4,91
2,0	"	"	± 0,12	—	5,46
2,5	± 0,10	± 0,12	"	—	6,83
3,0	"	"	± 0,15	—	8,19
3,5	± 0,12	± 0,14	"	—	9,56
4,0	"	"	± 0,18	—	10,92
5,0	± 0,14	± 0,16	"	—	13,65
6,0	"	"	± 0,22	—	16,38
7,0	± 0,16	± 0,18	"	—	19,11
8,0	"	"	± 0,25	—	21,84
9,0	± 0,18	± 0,20	"	—	24,57
10,0	"	"	"	—	27,30

1. Допускаемые отклонения по ширине и длине листов ± 5 *мм*.

Примечание: для Авиообъединения устанавливается только односторонний допуск + 10 *мм*.

2. Измерение толщины листов должно производиться на расстоянии не ближе 100 *мм* от угла листа и 40 *мм* от края листа.

3. Теоретический вес листа взят по удельному весу 2,73.

4. Размера, указанного в скобках, по возможности не применять.

Листы цинковые обыкновенные
(по ОСТ 4270).

Толщина *мм*	Ширина *мм*				Допускаемые отклонения по толщине листов *мм*	Приблизит. теоретическ. вес 1 *см*² листа *кг*
	350	450	500	710		
	Длина *мм*					
0,15	450	—	—	—	± 0,03	1,1
0,15	600	—	—	—	»	1,1
0,25	500	600	—	—	»	1,8
0,25	600	700	—	—	»	1,8
0,35	500	—	—	—	± 0,05	2,5
0,35	700	700	700	—	»	2,5
0,50	—	—	1000	—	»	3,6
0,60	—	—	800	—	»	4,3
0,75	—	—	1250	—	»	5,4
1,00	—	—	1000	—	± 0,06	7,2
1,50	—	—	—	1410	± 0,10	10,8
2,00	—	—	—	1410	± 0,15	14,4
2,50	—	—	—	1410	»	18,0
3,00	—	—	—	1410	»	21,6
4,00	—	—	—	1410	± 0,20	28,8
5,00	—	—	—	1200	»	36,0

1. Допускаемые отклонения по ширине и длине листа ± 5 *мм*

2. Материал: цинк марки Ц2 по ОСТ 269.

3. Измерение толщины листов должно производиться на расстоянии *100 мм от угла листа и 40 мм от края листа.*

4. Теоретический вес листов взят по удельному весу цинка 7,2.

Листы (полосы) из медно-никелевых и медно-никелево-цинковых сплавов
(по ОСТ 3583).

мм

Толщина	Допускаемые отклонения по толщине	Толщина	Допускаемые отклонения по толщине
1,00	± 0,05	2,50	± 0,08
1,20	± 0,06	3,00	± 0,10
1,50	»	3,50	»
1,80	»	4,00	± 0,15
2,00	± 0,08		

1. Настоящий стандарт распространяется на листы (полосы), изготовляемые из мельхиора и нейзильбера.

2. Размеры листов: по ширине 300—600 *мм*, по длине 1000 *мм*.

3. Допускаемые отклонения по ширине:

для толщины до 2,5 *мм* включ. . . . . ± 1,5 *мм*
„ „ свыше 2,5 „ „ . . . . . ± 2,5 „

4. Допускаемые отклонения по длине . . . . . ± 10 „

5. Материалы по ОСТ 3581 и 3582.

6. Измерение толщины листов должно производиться на расстоянии не ближе 100 *мм* от угла листа и 25 *мм* от края листа.

Листы дуралюминевые

(по ОСТ 4834).

Толщина *мм*	Размеры листов *мм*					Приблиз. вес 1 $м^2$ *кг*
	400 × 2000	500 × 2000	600 × 2000 и 600 × 3000	800 × 2000 и 800 × 3000	1000 × 2000 и 1000 × 3000	
	Допуски по толщине *мм*					
0,3	± 0,05	± 0,05				0,84
0,4	„	„				1,12
0,5	„	„	± 0,05			1,40
0,6			„			1,68
0,8			± 0,08	± 0,10	± 0,10	2,24
1,0			„	„	„	2,80
1,2			± 0,10	± 0,13	± 0,13	3,36
1,5			„	„	„	4,20
1,8			„	„	± 0,15	5,04
2,0			± 0,13	± 0,15	„	5,60
2,5			± 0,15	„	± 0,20	7,00
3,0			± 0,18	± 0,20	„	8,40
4,0			± 0,20	„	± 0,25	11,20
5,0			„	± 0,25	„	14,00
6,0			„	„	„	16,80

1. Допускаемые отклонения по ширине и длине + 10, — 3 *мм*.

2. Теоретический вес вычислен по уд. весу 2,8.

3. Измерение толщины листа производится на расстоянии не ближе 100 *мм* от угла листа и 40 *мм* от кромки листа.

4. Листы толщиной 5 и 6 *мм* размером 1000 × 3000 *мм* не изготовляются.

5. Материал: дуралюминий следующего состава: Cu = 3,5—5,0%; Mn = 0,4—0,85%; Mg = 0,3—0,7%; Fe ≦ 1,0%; Si ≦ 1,0%; Al — остальное.

Ленты алюминиевые повышенной точности прокатки
(по ОСТ 2568).

Допускаемые отклонения по толщине.

Толщина *мм* \ Ширина *мм*	От 10 до 175	Свыше 175 до 300	Теоретический вес 1 $м^2$ *кг*
0,10	± 0,02	—	0,27
0,12	»	—	0,33
0,15	»	—	0,41
0,18	»	—	0,49
0,20	»	± 0,02	0,55
0,25	»	»	0,68
0,30	»	»	0,82
0,35	»	»	0,96
0,40	± 0,03	± 0,03	1,09
0,45	»	»	1,23
0,50	»	»	1,37
0,60	»	± 0,04	1,64
0,70	»	»	1,91
0,80	»	»	2,18
0,90	»	± 0,05	2.46
1,00	± 0,04	»	2,73
1,20	»	»	3,28
1,50	± 0,05	± 0,06	4,10
1,80	»	»	4,91
2,00	± 0,06	»	5,46

1. Допускаемые отклонения по ширине:

для толщины до 1 *мм* включительно . . . . . ± 0,5 *мм*
» » свыше 1 *мм* . . . . . ± 1,0 *мм*

2. Материал — алюминий.

3. Длина ленты не менее 5 *м*.

4. *Измерение толщины ленты производится не ближе* 100 *мм* от конца ленты на любом расстоянии от кромки по усмотрению приемщика.

5. Теоретический вес ленты взят по удельному весу для алюминия 2,73.

Ленты дуралюминиевые
(по ОСТ 4835).

Толщина *мм*	Ширина лент *мм*				Пределы длины изготовляемых лент *м*	Приблизит. вес 1 *м²* *кг*	Толщина *мм*
	300	400	500	600			
	Допуски по толщине *мм*						
0,3	± 0,05	± 0,05			2,5 и выше, кратная 0,5 *м* в рулонах	0,84	0,3
0,4	»	»			»	1,12	0,4
0,5		»	± 0,05		»	1,40	0,5
0,6		»	»		3,0	1,68	0,6
0,8		± 0,08	± 0,08	± 0,10	»	2,24	0,8
1,0		»	± 0,10	± 0,13	»	2,80	1,0
1,2		± 0,10	»	»	»	3,36	1,2
1,5		»	± 0,13	± 0,15	»	4,20	1,5
1,8		»	»	»	3,0—6,0	5,04	1,8
2,0		± 0,13	± 0,15	»	» »	5,60	2,0
2,5		± 0,15	»	»	» »	7,00	2,5
3,0		± 0,18	± 0,18	± 0,20	» »	8,40	3,0

1. Допускаемые отклонения по ширине и длине + 10, — 3 *мм*.
2. Теоретический вес вычислен по уд. весу 2,8.
3. Измерение толщины ленты производится на расстоянии не ближе 100 *мм* от конца ленты и 40 *мм* от кромки ленты.
4. Рекомендуются к употреблению ленты с длиной кратной 0,5 *м*.
5. Материал: дуралюминий следующего состава: Cu = 3,5—5,0%. n = 0,1—0,85%; Mg = 0,3—0,7%; Fe ≦ 1,0%; Si ≦ 1,0%; Al — остальное

Ленты латунные повышенной точности прокатки
(по ОСТ 25 9).

Допустимые отклонения по толщине

Толщина *мм* \ Ширина *мм*	От 10 до 175	Свыше 175 до 300	Теоретический вес 1 *м²* *кг*
0,10	± 0,02	—	0,85
0,12	»	—	1,02
0,15	»	—	1,28
0,18	»	—	1,53
0,20	»	± 0,02	1,70
0,25	»	»	2,13
0,30	»	»	2,55
0,35	»	»	2,98
0,40	± 0,03	± 0,03	3,40
0,45	»	»	3,83
0,50	»	»	4,25
0,60	»	± 0,04	5,10
0,70	»	»	5,95
0,80	»	»	6,80
0,90	»	± 0,05	7,65
1,00	± 0,04	»	8,50
1,20	»	»	10,20
1,50	± 0,05	± 0,06	12,75
1,80	»	»	15,30
2,00	± 0,06	»	17,00

1. Допускаемые отклонения по ширине:

Для толщины до 1 *мм* включительно . . . . . ± 0,5 *мм*
„ „ свыше 1 *мм* . . . . . ± 1,0 „

2. Материал — латунь марки Л 62 по ОСТ 312 (марки Л 68, Л 80 и ЛТ 90 рекомендуется по возможности не применять).
3. Длина ленты не менее 5 *м*.
4. Измерение толщины ленты производится не ближе 100 *мм* от конца ленты на любом расстоянии от кромки, по указанию приемщика.
5. Теоретический вес ленты взят по удельному весу для латуни 8,5.

Ленты латунные обычной точности прокатки
(по ОСТ 2570).

Допустимые точности по толщине

Толщина *мм* \ Ширина *мм*	От 10 до 175	Свыше 175 до 300	Теоретический вес 1 $м^2$ *кг*
0,10	± 0,02	—	0,85
0,12	„	—	1,02
0,15	„	—	1,28
0,18	„	—	1,53
0,20	„	± 0,02	1,70
0,25	„	„	2,13
0,30	± 0,03	± 0,03	2,55
0,35	„	„	2,98
0,40	„	„	3,40
0,45	„	„	3,83
0,50	± 0,04	± 0,04	4,25
0,60	„	„	5,10
0,70	„	„	5,95
0,80	„	„	6,80
0,90	± 0,05	± 0,05	7,65
1,00	„	„	8,50
1,20	± 0,06	± 0,06	10,20
1,50	„	„	12,75
1,80	± 0,08	± 0,08	15,30
2,00	„	„	17,00

1. Допускаемые отклонения по ширине:

для толщины до 1 *мм* включ. и ширины до 175 *мм* ± 0,5 *мм*
„ „ „ 1 „ „ „ „ свыше 175 „ ± 1,0 „
„ „ свыше 1 *мм* и ширины до 175 „ ± 1,0 „
„ „ „ 1 „ „ „ свыше 175 „ ± 2,0

2. Материал — латунь марки Л 62 по ОСТ 312.
3. Длина ленты не менее 5 *м*.
4. Теоретический вес ленты взят по удельному весу 8,5.
5. Измерение толщины ленты производится не ближе 100 *мм* от конца ленты на любом расстоянии от кромки ленты.

Ленты из медно-никелевых и медно-никелево-цинковых сплавов (по ОСТ 3585).

Ширина лент						Допускаемые отклонения по толщине
От 10 до 150 *мм*			Свыше 150 до 300 *мм*			
Мельхиор, нейзильбер	Никелин	Константан	Мельхиор, нейзильбер	Никелин	Константан	
Толщина лент						
0,10	0,10	0,10	—	—	—	± 0,02
0,12	—	—	—	—	—	„
0,15	0,15	0,15	—	—	—	„
0,18	—	—	—	—	—	„
0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	„
0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	„
0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	± 0,03
0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	„
0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	„
0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	„
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	„
0,55	0,55	—	0,55	0,55	—	„
0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	± 0,04
0,65	0,65	—	0,65	0,65	—	„
0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	„
0,75	0,75	—	0,75	0,75	—	„
0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	„
0,85	0,85	—	0,85	0,85	—	„
0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	± 0,05
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	„
1,20	1,20	—	1,20	1,20	—	± 0,06
1,50	1,50	—	1,50	1,50	—	„
1,80	—	—	1,80	—	—	„
2,00	2,00	—	2,00	2,00	—	± 0,08

1. Настоящий стандарт распространяется на ленты, изготовляемые из мельхиора, никелина, константана и нейзильбера.

2. Допускаемые отклонения по ширине ленты:

Для ширины 10 — 25 *мм* . . . . . ± 0,5 *мм*
„ „ 26—100 „ . . . . . ± 1,0 „
„ „ 101—300 „ . . . . . ± 1,5 „

3. Материалы по ОСТ 3581 и 3582.

4. Длина ленты не менее 3 *м*.

5. Измерение толщины ленты производится не ближе 100 *мм* от конца ленты на любом расстоянии от кромки, по усмотрению приемщика.

3. ТРУБЫ.

Латунные трубы нормальных размеров.

Внутренн. и наружн. диам. *мм*	Теор вес 1 пог. метра *кг*	Внутренн. и наружн. диам. *мм*	Теор. вес 1 пог. метра *кг*	Внутренн. и наружн. диам *мм*	Теор. вес 1 пог. метра *кг*	Внутренн. и наружн. диам. *мм*	Теор. вес 1 пог. метра *кг*
4 × 6	0,133	19 × 22	0,821	32 × 35	1,34	52 × 58	4,41
6 × 8	0,187	20 × 22	0,561	32 × 38	2,80	54 × 58	3,00
7 × 10	0,341	21 × 25	1,230	34 × 38	1,92	57 × 64	5,65
8 × 10	0,241	22 × 24	0,610	35 × 38	1,46	58 × 64	4,89
9 × 12	0,420	22 × 25	0,942	35 × 42	3,60	60 × 64	3,32
10 × 12	0,293	23 × 25	0,642	36 × 42	3,12	63 × 70	6,22
11 × 14	0,500	25 × 28	1,06	38 × 42	2,14	64 × 70	5,37
12 × 14	0,347	25 × 29	1,44	38 × 45	3,88	68 × 76	7,70
13 × 16	0,581	26 × 28	0,721	39 × 45	3,36	70 × 76	5,85
14 × 16	0,401	28 × 30	0,774	41 × 45	2,30	82 × 90	9,18
15 × 19	0,908	28 × 32	1,60	44 × 45	4,43	84 × 90	6,97
16 × 19	0,701	29 × 35	2,56	45 × 51	3,84	94 × 102	10,47
17 × 19	0,480	30 × 32	0,827	47 × 51	2,61	96 × 102	7,93
18 × 22	1,070	31 × 35	1,76	51 × 58	5,10	—	—

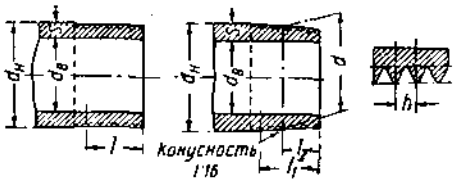
1. Материал — латунь марки Л — 62 по ОСТ 312.
2. Допускаемые отклонения
   по наружн. диаметру трубы: при диам. < 10 *мм* . . . . ± 0,1 *мм*
   „ от 10 до 100 *мм* вкл. ± 1%
   „ „ 100 „ 200 „ „ ± 0,75%
   „ свыше 200 *мм* . . . . ± 0,50%
   по толщине стенки: для труб с толщиной в 3 *мм* и более ± 7,5%
   „ „ „ менее 3, но не < 0,1 *мм* ± 10%
   по длине труб: для труб длиной до 1 *мм* . . . . . ± 2 *мм*
   „ „ „ 1 *м* и более . . . . . ± 10 „

Трубы стальные бесшовные гладкие общего назначения (по ОСТ 50. 8).

Наружн. диам. *d*	Наим. толщ. стенки *s*	Условн. проходы	Вес *кг/м*	Наружн. диам. *d*	Наим. толщ. стенки *s*	Условн. проходы	Вес *кг/м*
8	1,5	—	0,24	32	2,5	25	1,82
10	1,5	6	0,31	35	2,5	—	2,00
12	1,5	8	0,39	38	2,5	32	2,19
14	2	10	0,59	44,5	2,5	38	2,59
17	2	13	0,74	51	2,5	—	2,99
22	2	—	0,99	54	2,5	—	3,17
24	2	—	1,08	57	2,75	50	3,68
25	2	19	1,13	60	3	—	4,22
29	2,5	—	1,63				

Наружн. диам. d	Наим. толщ. стенки s	Условн. проходы	Вес *кг/м*	Наружн. диам. d	Наим. толщ. стенки s	Условн. проходы	Вес *кг/м*
63,5	3	—	4,47	152	4,5	—	16,4
70	3	—	4,96	159	4,5	150	17,2
76	3	65	5,40	165	4,5	—	17,8
83	3,25	—	6,40	178	4,5	—	19,3
89	3,25	76	6,87	191	5,5	(175)	25,2
95	3,25	—	7,35	216	6,5	200	33,6
102	3,75	(90)	9,09	241	6,5	(225)	37,6
108	3,75	100	9,64	267	7	250	44,9
114	3,75	—	10,1	299	8	(275)	57,4
121	4	—	11,5	325	8	300	62,5
127	4	—	12,1	351	8	(325)	67,7
133	4	(125)	12,7	376	8	350	72,6
140	4,5	—	15,0	427	9	400	92,8

Трубы стальные с резьбой (газовые трубы)
обыкновенные
(по ОСТ 5095),
усиленные
(по ОСТ 5096)



мм

Номинальн. размеры в дюймах	Условные проходы	Наружн. диам. $d_н$	Обыкновенные: Толщ. стенок s	Обыкновенные: Теор. вес *кг/м*	Усиленные: Толщ. стенок s	Усиленные: Теор. вес *кг/м*	Резьба: d	Резьба: Число ниток на 1″ n	Длина до сбега: l наиб.	Длина до сбега: l_1 наиб.	l_2: Наиб.	l_2: Наим.
1/4	6	13,5	2,25	0,62	2,75	0,73	13,158	19	10	11	7	5
3/8	10	17,0	2,25	0,82	2,75	0,97	16,663	19	12	13	8	6
1/2	13	21,25	2,75	1,25	3,25	1,44	20,956	14	14	16	9	6
3/4	19	26,75	2,75	1,63	3,50	2,01	26,442	14	16	19	13	10
1	25	33,5	3,25	2,42	4	2,91	33,250	11	18	22	14	10

Продолжение.

Номинальн. размеры в дюймах	Условные проходы	Наружн. диам. d_n	Обыкновенные		Усиленные		Резьба					
			Толщ. стенок s	Теор. вес *кг/м*	Толщ. стенок s	Теор. вес *кг/м*	d	Число ниток на 1″ n	Длина до сбега l наиб.	Длина до сбега l_1 наиб.	l_2 Наиб.	l_2 Наим.
$1^1/_4$	32	42,25	3,25	3,13	4	3,77	41,912	11	20	25	17	13
$1^1/_2$	38	48,0	3,5	3,84	4,25	4,58	47,805	11	22	25	17	13
2	50	60,0	3,5	4,88	4,5	6,16	59,616	11	24	28	20	16
$2^1/_2$	65	75,5	3,75	6,64	4,5	7,88	75,187	11	27	32	23	18
3	76	88,5	4	8,34	4,75	9,81	87,887	11	30	35	26	21
$3^1/_2$	(90)	101	4	9,57	5	11,84	100,334	11	32	38	28	22
4	100	114	4	10,85	5	13,44	113,034	11	36	41	32	25
5	125	140	4,5	15,04	5,5	18,24	138,435	11	38	44	35	28
6	150	165	4,5	17,81	5,5	21,63	163,836	11	42	51	42	35

1. Размер, заключ. в скобки, по возможности не применять.

2. Цилиндрическая трубная резьба по ОСТ 266; коническая резьба имеет тот же профиль, что и трубная резьба по ОСТ 266; конусность 1 : 16; последние две нитки конической резьбы со срезанными вершинами нарезки.

3. Для расчета теоретического веса принят уд. вес 7,85.

4. Трубы до 2″ сварные встык или бесшовные; трубы свыше 2″ сварные в накладку или бесшовные.

5. Цинкование, асфальтирование или окраска — по *соглашению*.

6. Пробное давление для труб обыкновенных — 16 *кг/см²*, усиленных — 25 *кг/см²*.

7. Допускаются следующие отклонения от установленных размеров:

По наружн. диам.

Для труб размерами до 2″ . . . . . ± 0,5 *мм*

„ „ „ от 2 до 6″ . . . . ± 1%

По толщине стенки . . . . . + 15% — 10%

Разность между наибольшей и наименьшей толщиной стенок в одном и том же сечении трубы не должна быть более 20% нормальн. толщины.

По весу:

Для единичных труб . . . . . + 15% — 10%

Для партии весом не менее 10 *т* . + 10% — 7,5%

Допускаются поверхностные риски, не превышающие по толщине:

Для стенок труб до 3,5 *мм* . . . . . — 0,5 *мм*

„ „ „ свыше 3,5 *мм* . . . . — 1 *мм*

Допускается резьба с сорванными или неполными нарезками, если в сумме они составляют не *более 10% требуемой длины резьбы*.

Уменьшение полезной длины резьбы (без сбега) против установленной *допускается до* 15%.

8. Длина сварных труб должна быть от 4 до 6 *м*, цельнотянутых — от 4 *до* 7 *м*. Допускается 10% труб длиною 3 *м*.

9. Трубы нар. диам. до 60 *мм* должны выдерживать пробу на загиб по ОСТ 1687 в нагретом состоянии вокруг оправки радиусом равным 3*d* и в холодном состоянии вокруг оправки радиусом 7,5 *d*

X. ДЕТАЛИ МАШИН

1. БОЛТЫ, ШПИЛЬКИ, ШТИФТЫ, ВИНТЫ, ГАЙКИ И ШАЙБЫ.

1. Расчет болтов и гаек.

Расчет болтов на сопротивление усилиям при работе обычно производится на растяжение или же на совместное действие растягивающих и скручивающих усилий.

Расчет только на растяжение производится в том случае, если при завинчивании гайки действующая на болт сила еще не приложена; в противном случае следует расчет вести на совместное действие растяжения и скручивания.

Расчет на растягивающие усилия производится по формуле:

$$P = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} R_z,$$

где P — усилие в *кг*, d_1 — внутренний диаметр резьбы болта в *мм*. R_z — допустимое напряжение на растяжение в *кг/мм²*. Величину R_z можно определять по таблице на стр. 205, учитывая способ приложения нагрузки (I, II или III) (стр. 204) и уменьшая данные этой таблицы на 0,2 их величины с целью учесть влияние надрезов (нарезки) на понижение прочности.

Расчет на совместное действие растяжения и скручивания можно вести по формуле: $P = 0{,}75 \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} R_z$, т. е. брать $^3/_4$ значений допустимых напряжений на разрыв, выбранных для первого случая расчета (только для растяжения).

Кроме расчета прочности стержня болта, в ответственных случаях следует проверить нарезку болта на заедание в гайке по формуле:

$$P = R_{см} \cdot n \cdot \pi \cdot d_{ср} \cdot t_2,$$

Материал		Уд. давление $R_{см}$ *кг/мм²*
Болта	Гайки	
Мягкая сталь	Мягкая сталь или бронза	$R_{см} \leq 3$ *кг/мм²*
Твердая сталь	Твердая сталь или бронза	$R_{см} \leq 4$ *кг/мм²*
» »	Чугун	$R_{см} \leq 1{,}5$ *кг/мм²*

где $R_{см}$ – удельное давление в *кг/мм²* на поверхность нарезки (см. табличку), n — число нарезок на длине гайки, $d_{ср}$ — средний диаметр резьбы в *мм*, t_2 — рабочая высота нарезки в *мм*.

При резьбовых соединениях для передачи движения (домкраты и пр.) при расчете следует принимать для $R_{см}$ приблизительно 0,33 приведенных в табличке величин.

Ниже приведена табличка допустимых нагрузок на болты для различных значений допустимых напряжений на разрыв.

Допускаемая нагрузка на болты в *кг*.

Дюймовая резьба						Метрическая резьба					
Номинальн. диаметр	Сечение	Допустимое напряжение на разрыв *кг/см²*				Номинальн. диаметр	Сечение	Допустимое напряжение на разрыв *кг/см²*			
дюйм.	*см²*	500	600	700	800	*мм*	*см²*	500	600	700	800
1/4	0,18	90	105	125	140	5	0,12	60	70	85	65
3/8	0,44	220	265	310	355	10	0,49	245	295	345	395
1/2	0,78	390	470	550	630	12	0,72	360	430	500	570
5/8	1,31	655	785	920	1050	16	1,37	690	825	960	1100
3/4	1,96	980	1175	1370	1570	20	2,15	1075	1290	1500	1715
7/8	2,72	1360	1630	1905	2170	22	2,70	1350	1620	1890	2160
1	3,58	1790	2145	2500	2860	24	3,09	1550	1850	2160	2470
1 1/4	5,77	2890	3460	4040	4620	30	4,96	2480	2980	3470	3970
1 1/2	8,39	4190	5030	5870	6710	36	7,28	3640	4370	5100	5820
1 3/4	11,31	5660	6790	7920	9050	45	11,79	5900	7070	8250	9430
2	14,91	7460	8950	10440	11930	52	15,94	7970	9560	11160	12750
2 1/2	24,08	10040	14490	16860	19270	64	24,34	12170	14600	17040	19470
3	35,16	17580	21100	24610	28130	76	35,96	17980	21580	25170	28770
4	64,70	32350	38820	45290	51760	100	57,64	32280	38740	45190	51650

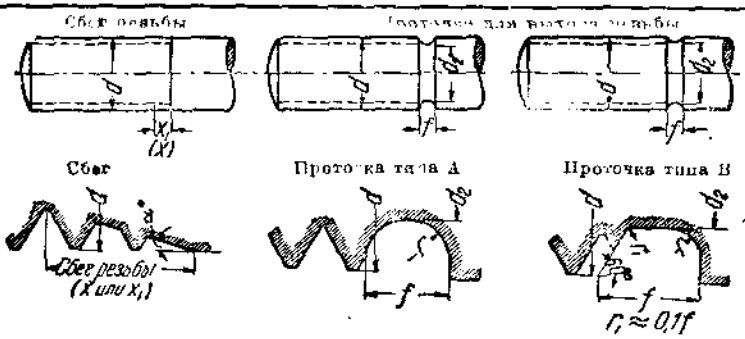
Высота гайки H определяется числом нарезок (витков) резьбы, необходимым для сопротивления разрывающим болт усилиям. По ОСТ $H = 0{,}8\ d$. Эта зависимость однако применима лишь для нормальной крепежной резьбы и для резьб с неслишком измельченным шагом, так как чем меньше шаг при неизменном диаметре, тем больше требуется высота гайки (чтобы при разрушении болта не произошло скалывания или смятия нарезок). Высоту гайки $= 0{,}8\ d$ можно принимать лишь в том случае, если отношение $\frac{d}{s}$ (где d — диаметр резьбы, s — шаг) меньше 36; при этом условии высота гайки будет достаточной при растягивающих напряжениях болта до предела текучести. У ответственных резьбовых креплений, подвергающихся значительным усилиям, отношение $\frac{d}{s}$ вообще не должно превосходить 15. [1])

[1]) См. выводы исследования на заводе Шкода инж. Hercigonja, Maschinenbau, 1932, стр. 189.

2. Нормализация болтов, шпилек, штифтов, винтов, гаек и шайб.

Выход резьбы (сбеги и проточки)

(по ОСТ 1714/1, 1714/2, 1714/3)



Сбег резьбы применяется при нарезании протонками.

Проточка применяется при нарезании резьбы гребенками и резцами.

Для чистых резьб. изд. $\alpha = 22°30'$, для черных резьб. изд. и труб $\alpha = 15°$

x — сбег для чистовых резьбовых изделий, x_1 — для черновых.

Выход резьбы по ОСТ 1714/3 для изделий с дюймовой резьбой по ОСТ 1260

мм

d	Сбег		Проточка			
	x	x_1	f	r	d_2	Тип
1/4"	2	2,5	1,6	0,8	4,5	
5/16"	2	3	1,6	0,8	6	A
3/8"	2	3	2	1	7,2	
7/16"	2,5	4	2	1	8,5	—
1/2"	3	5	3	1	9,5	•
9/16"	3	5	3	1	11	
5/8"	3	5	3	1	12,5	
3/4"	4	5	4	1,25	15,5	
7/8"	4	6	4	1,25	18,5	
1"	5	7	5	1,5	21	
1 1/8"	5	8	5	1,5	23,5	B
1 1/4"	5	8	5	1,5	26,5	
1 3/8"	6	9	6	2	29	
1 1/2"	6	9	6	2	32	
1 5/8"	7	11	8	2,5	34	
1 3/4"	7	11	8	2,5	37	
1 7/8"	8	12	8	2,5	40	
2"	8	12	8	2,5	43	
2 1/4"	9	13	10	3	49	
2 1/2"	9	13	10	3	55	
2 3/4"	10	15	10	3	60	

Выход резьбы по ОСТ 1714/3 для изделий с трубной резьбой по ОСТ 266

мм

d	Сбег		Проточка			
	x	x_1	f	r	d_2	Тип
1/8"	1,5	2	2	0,8	8	
1/4"	2	3	2	0,8	11	
3/8"	2	3	2	0,8	14	
1/2"	2,5	4	3	1	18	
5/8"	2,5	4	3	1	20	
3/4"	2,5	4	3	1	23,5	
7/8"	2,5	4	3	1	27	
1"	3,5	5	4	1,25	29,5	
1 1/8"	3,5	5	4	1,25	34	B
1 1/4"	3,5	5	4	1,25	38	
1 3/8"	3,5	5	4	1,25	41	
1 1/2"	3,5	5	4	1,25	44	
1 3/4"	3,5	5	4	1,25	50	
2"	3,5	5	4	1,25	56	
2 1/4"	3,5	5	4	1,25	62	
2 1/2"	3,5	5	5	1,5	71	
2 3/4"	3,5	5	5	1,5	78	
3"	3,5	5	5	1,5	84	
3 1/4"	3,5	5	5	1,5	90	
3 1/2"	3,5	5	5	1,5	96	
3 3/4"	3,5	5	5	1,5	102	
4"	3,5	5	5	1,5	109	

Выход резьбы по ОСТ 1714/1 для изделий с метрической резьбой по ОСТ 94, 82 и 193

мм

d	Сбег x	Сбег x_1	Проточка f	Проточка r	Проточка d_2	Тип
1	0,5					
1,2	0,5					
1,4	0,5					
1,7	0,5					
2	1		0,8	0,4	1,4	
2,3	1		0,8	0,4	1,7	
2,6	1		0,8	0,4	2	
3	1		0,8	0,4	2,2	
3,5	1		0,8	0,4	2,6	A
4	1,5		1,2	0,6	3	
4,5	1,5		1,2	0,6	3,4	
5	1,5	2	1,2	0,6	3,8	
5,5	2	2,5	1,6	0,8	4	
6	2	2,5	1,6	0,8	4,5	
7	2	2,5	1,6	0,8	5,5	
8	2	3	1,6	0,8	6	
9	2	3	1,6	0,8	7	
10	2,5	4	2	1	7,5	
11	2,5	4	2	1	8,5	
12	3	4	3	1	9,5	
14	3,5	5	3	1	11	
16	3,5	5	3	1	13	
18	4	6	4	1,25	14,5	
20	4	6	4	1,25	16,5	
22	4	6	4	1,25	18	
24	5	8	5	1,5	19	
27	5	8	5	1,5	22	
30	6	9	6	2	25	
33	6	9	6	2	28	
36	7	10	8	2,5	30	
39	7	10	8	2,5	33	B
42	8	12	8	2,5	35	
45	8	12	8	2,5	38	
48	8	13	8	2,5	40	
52	8	13	10	2,5	44	
56	9	14	10	3	48	
60	9	14	10	3	52	
64	10	16	10	3	55	
68	10	16	10	3	59	
72	10	16	10	3	63	
76	10	16	10	3	67	
80	10	16	10	3	71	
85	10	16	10	3	76	
90	10	16	10	3	81	
95	10	16	10	3	86	
100	10	16	10	3	91	

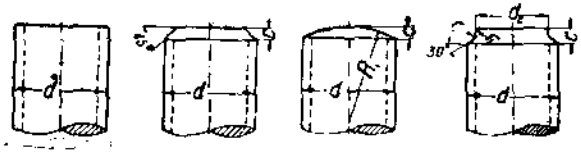
Выход резьбы по ОСТ 1714/2 для изделий с 1-ой мелкой метрической резьбой по ОСТ 271 и 2-ой мелкой по ОСТ 272

мм

d	Сбег x 1М	Сбег x 2М	Проточка f	Проточка r	Проточка d_2 1М	Проточка d_2 2М	Тип
1	0,5						
1,2	0,5						
1,4	0,5						
1,7	0,5						
2	0,5						
2,3	0,5						
2,6	0,5						
3	0,5						A
3,5	0,5						
4	1						
4,5	1						
5	1		0,8	0,4	4,2		
5,5	1		0,8	0,4	4,7		
6	1,5		1,2	0,6	4,8		
7	1,5		1,2	0,6	5,8		
8	2		1,6	0,8	6,5		
9	2		1,6	0,8	7,5		
10	2		1,6	0,8	8,5		
11	2		1,6	0,8	9,5		
12	2		1,6	0,8	10		
14	2,5		2	1	11,5		
16	2,5		2	1	13,5		
18	2,5		2	1	15,5		
20	2,5		2	1	17,5		
22	2,5		2	1	19,5		
24	3,5	2,5	3	1	21	21,5	
27	3,5	2,5	3	1	24	24,5	
30	3,5	2,5	3	1	27	27,5	
33	3,5	2,5	3	1	30	30,5	
36	5	3,5	5	1,5	31,5	33	
39	5	3,5	5	1,5	34,5	36	
42	5	3,5	5	1,5	37,5	39	B
45	5	3,5	5	1,5	40,5	42	
48	5	3,5	5	1,5	43,5	45	
52	5	3,5	5	1,5	47,5	49	
56	7	5	8	2,5	50	51,5	
60	7	5	8	2,5	54	55,5	
64	7	5	8	2,5	58	59,5	
68	7	5	8	2,5	62	63,5	
72	7	5	8	2,5	66	67,5	
76	7	5	8	2,5	70	71,5	
80	7	5	8	2,5	74	75,5	
85	7	5	8	2,5	79	80,5	
90	7	5	8	2,5	84	85,5	
95	7	5	8	2,5	89	90,5	
100	7	5	8	2,5	94	95,5	

Концы болтов, винтов и шпилек.

(по ОСТ 1713).



мм

Диаметр резьбы d		Форма конца						Диаметр резьбы d		Форма конца					
		Усеч. конус	Сфера		Цилиндр					Усеч. конус	Сфера		Цилиндр		
Дюймы	*мм*	c	R_1	$c \approx$	d_2	c	r_1	Дюймы	*мм*	c	R_1	$c \approx$	d_2	c	r_1
	1	0,2	0,8	0,2					24	3	25	3	18	4	1
	1,2	0,2	1	0,2				1"		3,5	25	3,5	19	5	1,25
	1,4	0,3	1	0,3					27	3,5	28	3,5	21	5	1,25
	1,7	0,3	1,5	0,3				1 1/8"		4	28	4	22	5	1,25
	2	0,4	1,5	0,4					30	4	32	3,8	23	5	1,25
	2,3	0,4	2	0,4				1 1/4"		4	32	4,2	25	6	1,5
	2,6	0,5	2	0,5					33	4	35	4,2	26	6	1,5
	3	0,5	2,5	0,5				1 3/8"		4,5	35	4,7	27	6	1,5
	3,5	0,6	3	0,6					36	4,5	40	4,3	28	6	1,5
	4	0,7	3	0,7				1 1/2"		4,5	40	4,8	30	7	2
	4,5	0,7	4	0,7					39	4,5	40	5,1	31	7	2
	5	0,8	5	0,7				1 5/8"	42	5	45	5,2	33	7	2
	5,5	0,8	5	0,8				1 3/4"	45	5	45	6	35	8	2
	6	1	6	0,8	4	1,5	0,4	1 7/8"	48	6	50	6	38	8	2
1/4"		1	6	0,9	4	1,5	0,4	2"		6	50	7	40	9	2,5
	7	1	6	1	5	1,5	0,4		52	6			42	9	2,5
5/16"	8	1,2	8	1	5,5	1,5	0,4		56	7			45	10	2,5
	9	1,2	9	1,2	6,5	1,5	0,4	2 1/4"		7			46	10	2,5
3/8"		1,5	10	1,2	7	2	0,5		60	7			49	10	2,5
	10	1,5	10	1,3	7	2	0,5	2 1/2"	64	7			52	12	3
7/16"	11	1,5	10	1,6	8	2	0,5		68	7			56	12	3
	12	1,8	12	1,6	9	2	0,6	2 3/4"		7			58	12	3
1/2"		1,8	12	1,8	9	2	0,6		72	8			60	12	3
9/16"	14	2	16	1,6	10	3	0,8		76	8			65	12	3
5/8"	16	2	16	2,1	12	3	0,8		80	8			68	14	4
	18	2,5	20	2,2	13	3	0,8		85	8			72	14	4
3/4"		2,5	20	2,5	14	4	1		90	8			78	14	4
	20	2,5	20	2,6	15	4	1		95	8			82	16	4
	22	2,5	22	2,9	17	4	1		100	8			86	16	4
7/8"		3	22	3	17	4	1								

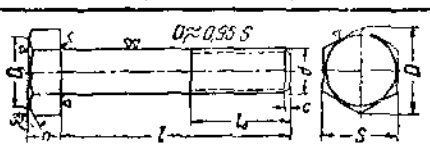
Головки болтов шестигранные и квадратные, уменьшенные
(по *Промст. 997 болто-закл. изделия*)
(обозначения, относящиеся к головкам болта, см. рис. ниже).

мм

Диаметр болта d (дюймы)	1/4"	5/16"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1 1/8"	1 1/4"	1 1/2"	1 3/4"	2"
Размер „под ключ" $S_{ном}$ головки черные	10	12	14	19	22	27	32	36	41	46	50 (5	60	70
Размер „под ключ" $S_{ном}$ головки чистые	9	11											
Высота головки h	5	6	7	9	12	14	16	18	20	22	26	28	32
Диаметр болта *d мм*	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36	42	48
Размер „под ключ" $S_{ном}$ головки черные	10	12	14	17	19	22	27	27	32	32	36	41	46 (50)	55 (60)	65
Размер „под ключ" $S_{ном}$ головки чистые	9	11													
Высота головки h	5	6	7	8	10	12	14	14	16	16	18	20	24	28	32

Размеры „под ключ" для болтов 1 1/2", 35 *мм* и 42 *мм* являются спорными; для них опорная поверхность головки получается меньше, чем расчетная площадь сечения стержня болта. Поэтому есть предложение увеличить данные величины и брать числа, стоящие в скобках.

Болты чистые с шестигранной головкой под гайку обыкновенную с прошплинтовкой или корончатую
(по ОСТ 1715).



d	2,6	3	4	5
$S_{ном} = S_{наиб}$ . .	5	6	8	9
$S_{наим}$	4,8	5,8	7,8	8,8
h	1,8	2,0	2,8	3,5
D	5,8	6,9	9,2	10,4
r ≤	—	—	—	0,5

d	2,6	3	4	5	*d*	2,6	3	4	5	*d*	3	4	5
l	l_0				*l*	l_0				*l*	l_0		
8	8				20	8	10	12	15	35		12	15
10	8	10			22	8	10	12	15	38		12	15
12	8	10	12		25		10	12	15	40			15
14	8	10	12	14	28		10	12	15	45			15
16	8	10	12	15	30		10	12	15				
18	8	10	12	15	32			12	15				

Резьба по ОСТ 91.

Сбег резьбы по ОСТ 1714/1, стр. 466.

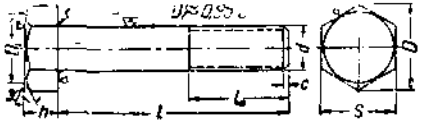
Конец стержня болта выполняется *по усеченному конусу; по особому соглашению допускается выполнять концы стержней сферическими и цилиндрическими*, см. ОСТ 1713, стр. 467.

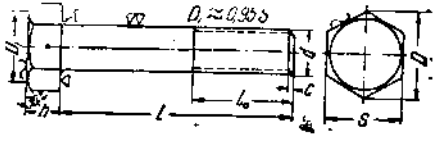
Размер *c* берется по *ОСТ 1713*.

Материал — сталь или латунь.

Болты чистые и получистые с шестигранной головкой
(по ОСТ 1716, 1717, 1718, 1719).
Метрическая резьба.

Болты чистые по ОСТ 1716—1717





Болты получистые по ОСТ 1718—1719

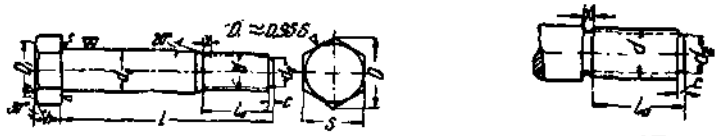
Болты чистые под гайку обыкновенную по ОСТ 1717.
Болты получистые под гайку обыкновенную по ОСТ 1719.
Болты чистые под гайку обыкновенную, с прошплинтовкой или корончатую по ОСТ 1716.
Болты получистые под гайку обыкновенную, с прошплинтовкой или корончатую по ОСТ 1718.

мм

Общие размеры															
d	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36	42	48
h	5	6	7	9	10	12	14	14	16	16	18	20	24	28	32
$D \approx$	12,7	16,2	19,6	25,4	25,4	31,2	36,9	36,9	41,6	41,6	47,3	53,1	63,5	75	86,5
$r \leqq$	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Для болтов чистых по ОСТ 1716—1717															
$S_{ном}=S_{наиб}$	11	14	17	22	22	27	32	32	36	36	41	46	55	65	75
$S_{наим}$	10,8	13,8	16,8	21,75	21,75	26,75	31,7	31,7	35,7	35,7	40,7	45,7	54,6	64,6	74,6
Для болтов получистых по ОСТ 1718—1719															
$S_{ном}=S_{наиб}$	11	14	17	22	22	27	32	32	36	36	41	46	55	65	75
$S_{наим}$	10,6	13,5	16,5	21,4	21,4	26,4	31,4	31,4	35,2	35,2	40,2	45,2	54,0	64,0	74,0

Значения для l и l_0 помещены в таблицах на стр. 468—469
Резьба по ОСТ 32.
Сбег резьбы по ОСТ 1714/1 см. стр. 466.
В пределах сбега резьбы допускается проточка по ОСТ 1714/1 см. стр. 466.
Конец стержня болта выполняется по усеченному конусу, по особому соглашению допускается выполнять концы стержней сферическими и цилиндрическими, по ОСТ 7118, стр. 467.
Размер с берется по ОСТ 1713.
Материал—сталь или латунь.

Болты чистые с шестигранной головкой для отверстий из-под развертки
(по ОСТ 1724, 1726).
Метрическая резьба.



Болты под гайку обыкновенную, с прошплинтовкой или корончатую по ОСТ 1724.
Болты под гайку обыкновенную по ОСТ 1726.

мм

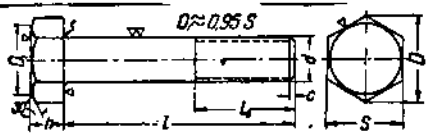
d	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36	42	48
$S_{ном}=S_{наиб}$	11	14	17	22	22	27	32	32	36	36	41	46	55	65	75
$S_{наим}$	10,8	13,8	16,8	21,75	21,75	26,75	31,7	31,7	35,7	35,7	40,7	45,7	54,6	64,6	74,6
d_0	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	28	32	38	44	50
d_2	4	5,5	7	8,5	10	12	13	15	17	18	21	23	28	33	38
$D \approx$	12,7	16,2	19,6	25,4	25,4	31,2	36,9	36,9	41,6	41,6	47,3	53,1	63,5	75	86,5
h	5	6	7	9	10	12	14	14	16	16	18	20	24	28	32
$r \leq$	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

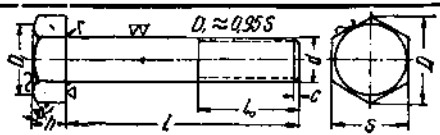
Значения для l и l_0 помещены в таблицах на стр. 486—489.
Резьба по ОСТ 32.
Сбег резьбы по ОСТ 1714/1, см. стр. 466.
В *пределах сбега резьбы допускается проточка* по ОСТ 1714/1, см. стр. 468.
Гладкая часть стержня болта (d_0) обтачивается с допусками по системе отверстия для посадки, указываемой в заказе.
Размер с берется по ОСТ 1713, см. стр. 467.
Материал — сталь или латунь.

Болты чистые и получистые с шестигранной головкой
(по ОСТ 1720, 1721, 1722, 1723).

Дюймовая резьба

Болты чистые по ОСТ 1720—1721





Болты получистые по ОСТ 1722—1723

Болты чистые под гайку обыкновенную по ОСТ 1721.
Болты получистые под гайку обыкновенную по ОСТ 1723.
Болты чистые под гайку обыкновенную, с прошплинтовкой или корончатую по ОСТ 1720.
Болты получистые под гайку обыкновенную, с прошплинтовкой или корончатую по ОСТ 1722.

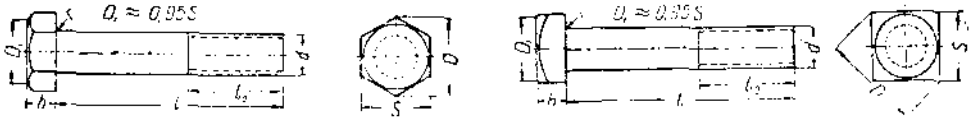
мм

d дюймы	1/4″	5/16″	3/8″	1/2″	5/8″	3/4″	7/8″	1″	1 1/8″	1 1/4″	1 1/2″	1 3/4″	2″
Общие размеры													
h	5	6	7	9	12	14	16	18	20	22	26	28	32
$D \approx$	12,7	16,2	19,6	25,4	31,2	36,9	41,6	47,3	53,1	57,7	69,3	80,8	92,4
$r \leq$	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1,5	1,5	1,5	1,5
Для болтов чистых по ОСТ 1720—1721													
$S_{ном} = S_{наиб}$	11	14	17	22	27	32	36	41	46	50	60	70	80
$S_{наим}$	10,8	13,8	16,8	21,75	26,75	31,7	35,7	40,7	45,7	49,7	59,6	69,6	79,6
Для болтов получистых по ОСТ 1722—1723													
$S_{ном} = S_{наиб}$	11	14	17	22	27	32	36	41	46	50	60	70	80
$S_{наим.}$	10,6	13,5	16,5	21,4	26,4	31,4	35,2	40,2	45,2	49,2	59,0	69,0	79,0

Значения для l и l_0 помещены в таблице на стр. 486—489.
Резьба по ОСТ 1260.
Сбег резьбы по ОСТ 1714/3 см., стр. 465.
В пределах сбега резьбы допускается проточка по ОСТ 1714/3, см. стр. 465.
Конец стержня болта выполняется по усеченному конусу, по особому соглашению допускается выполнять концы стержней сферическими и цилиндрическими, см. ОСТ 1718 стр. 467
Размер c берется по ОСТ 1713, стр. 467.
Материал — сталь или латунь.

Болты черные с шестигранной и квадратной головкой
(по ОСТ 132, 133, 134, 135 [illegible])

ОСТ 132—133



ОСТ 134—135

Болты с шестигранной головкой с метрической резьбой по ОСТ 132.
Болты с шестигранной головкой с дюймовой резьбой по ОСТ 133.
Болты с квадратной головкой с метрической резьбой по ОСТ 134.
Болты с квадратной головкой с дюймовой резьбой по ОСТ 135.

мм

Общие размеры																			
d *мм*	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	—	36	—	42	—	48	—
d дюймы	1/4″	5/16″	3/8″	1/2″	—	5/8″	3/4″	—	7/8″	—	1″	1 1/8″	1 1/4″	—	1 1/2″	—	1 3/4″	—	2″
$S_{ном}=S_{наиб}$	11	14	17	22	22	27	32	32	36	36	41	46	50	55	60	65	70	75	80
$S_{наим}$	10,6	13,5	16,5	21,4	21,4	26,4	31,4	31,4	35,2	35,2	40,2	45,2	49,2	54	59	64	69	74	79
h	5	6	7	9	10	12	14	14	16	16	18	20	22	24	26	28	28	32	32
$r \leq$	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5 [1]	1	1	1	1	1 [2]	1 [2]	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
l	l_0																		
15	12	15 [3]	15 [3]																
20	15	18	18																
25	20	20	22	22	22	22 [3]													
30	20	20	25	25	25	25 [3]	25 [2]	25 [3]											
35	20	20	25	30	30	30 [3]	30 [3]	30 [3]											
40	20	20	25	30	30	35	35	35 [3]											
45	20	20	25	30	30	35	35	40											
50	20	20	25	30	30	35	35	40	45										
55	20	20	25	30	30	35	35	40	45	50									

[illegible]	20	20	25	30	30	35	35	40	45	50	50								
65	20 [3]	20	25	30	30	35	35	40	45	50	50	55	55						
70	20 [3]	20	25	30	30	35	35	40	45	50	50	55	55						
75		20	25	30	30	35	35	40	45	50	50	55	55						
80		20	25	30	30	35	35	40	45	50	50	55	55	75	75				
90			30	35	35	40	40	45	50	55	55	60	60	75	75				
100			30	35	35	40	40	45	50	55	55	60	60	75	75				
110			30	35	35	40	40	45	50	55	55	60	60	75	75				
120			30	35	35	40	40	45	50	55	55	60	60	75	75				
130			30	35	35	40	40	45	50	55	55	60	60	75	75	Длина нарезанной			
140			30	35	35	40	40	45	50	55	55	60	60	75	75				
150			30 [3]	35	35	40	40	45	50	55	55	60	60	75	75	части стержня			
160			30 [3]	35	35	40	40	45	50	55	55	60	60	75	75				
180			35 [3]	45	45	45	45	50	55	60	60	70	70	85	85	берется с окон-			
200			35 [3]	45	45	45	45	50	55	60	60	70	70	85	85				
220				45	45	45	45	50	55	60	60	70	70	85	85	чанием на 0 или 5			
240				45 [3]	45 [3]	45 [3]	45 [3]	50 [3]	55	60	60	70	70	85	85				
260				45 [3]	45 [3]	45 [3]	45 [3]	50 [3]	55 [3]	60 [3]	60 [3]	70 [3]	70 [3]	85	85				
280														85	85				
300														85	85				
Для болтов с шестигранной головкой по ОСТ 132—133																			
D	12,7	16,2	19,6	25,4	25,4	31,2	36,9	36,9	41,6	41,6	47,3	53,1	57,7	63,5	69,3	75	80,8	86,5	92,4
Для болтов с квадратной головкой по ОСТ 134—135																			
D	15,6	19,8	24,1	31,2	31,2	38,2	45,4	45,4	51	51	58	65,1	71	78	85	92	99	106	113

Резьба по ОСГ 32 и 1260. Сбег резьбы по ОСТ 1714/1 и 1714/3, см. стр. 465—466.

По особому соглашению допускается выполнять концы стержней сферическими или по усеченному конусу, см. ОСТ 1713, стр. 467

Болты по ОСТ 134—135 диаметром в 22 *мм* и 7/8″ можно, но не желательно, делать длиною $l = 260$, 280 и 300 *мм* с длиною нарезанной части $l_0 = 55$ *мм*. Материал — сталь.

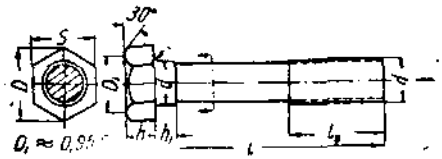
Для болтов с метрической резьбой вместо размера, помеченного значком [1]), принимать число 1, значком [2])— число 1,5.

Размеры помеченные значком [3]), принадлежат только ОСТ 132—133.

[*]) Издание 1928 г., измененное против издания 1927 г.

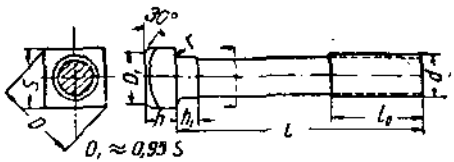
Болты черные с накатанной резьбой, с шестигранной и квадратной головкой
(по ОСТ 3301, 3302, 3303, 3304).

ОСТ 3301—3302



$D_1 \approx 0{,}95\,S$

ОСТ 3303—3304



Болты с шестигранной уменьшенной головкой с метрической резьбой по ОСТ 3301.
Болты с шестигранной уменьшенной головкой с дюймовой резьбой по ОСТ 3302.
Болты с квадратной уменьшенной головкой с метрической резьбой по ОСТ 3303.
Болты с квадратной уменьшенной головкой с дюймовой резьбой по ОСТ 3304.

мм

Общие размеры															
d *мм*	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	—	36	—
d дюймы	1/4″	5/16″	3/8″	—	1/2″	5/8″	3/4″	—	7/8″	—	1″	1 1/8″	1 1/4″	—	1 1/2″
$S_{ном} = S_{наиб}$	10	12	14	17	19	22	27	27	32	32	36	41	46	50	55
$S_{наим}$	9,6	11,6	13,5	16,5	18,5	21,4	26,4	26,4	31,4	31,4	35,2	40,2	45,2	49,1	54
h	5	6	7	9	10 [1]	12	14	14	16	16	18	20	22	24	26
h_1	3	4	5	5	7 [2]	8	8 [3]	10	10	12	14 [4]	16 [5]	16	18	18
$r \leq$	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1 [6]	1	1	1	1	1,5 [7]	1,5 [7]	1,5	1,5	1,5
l	l_0														
15	12	15 [8]	15 [8]												
20	15	18	18												
25	20	20	22	22	22	22 [8]									
30	20	20	25	25	25	25 [8]	25 [8]	25 [8]							
35	20	20	25	30	30	30 [8]	30 [8]	30 [8]							
40	20	20	25	30	30	35	35	35 [8]							
45	20	20	25	30	30	35	35	40							
50	20	20	25	30	30	35	35	40	45						
55	20	20	25	30	30	35	35	40	45	50					

60	20	20	25	30	30	35	35	40	45	50	50 [2]				
65	20 [8]	20	25	30	30	35	35	40	45	50	50	55	55		
70	20 [8]	20	25	30	30	35	35	40	45	50	50	55	55		
75		20	25	30	30	35	35	40	45	50	50	55	55		
80		20	25	30	30	35	35	40	45	50	50	55	55	75	75
90			30	35	35	40	40	45	50	55	55	60	60	75	75
100			30	35	35	40	40	45	50	55	55	60	60	75	75
110			30	35	35	40	40	45	50	55	55	60	60	75	75
120			30	35	35	40	40	45	50	55	55	60	60	75	75
130			30	35	35	40	40	45	50	55	55	60	60	75	75
140			30	35	35	40	40	45	50	55	55	60	60	75	75
150			30 [8]	35	35	40	40	45	50	55	55	60	60	75	75
160			30 [8]	35	35	40	40	45	50	55	55	60	60	75	75
180			35 [8]	45	45	45	45	50	50	60	60	70	70	85	85
200			35 [8]	45	45	45	45	50	55	60	60	70	70	85	85
220				45	45	45	45	50	55	60	60	70	70	85	85
240				45 [8]	45 [8]	45 [8]	45 [8]	50 [8]	55	60	60	70	70	85	85
260				45 [8]	45 [8]	45 [8]	45 [8]	50 [8]	55 [8]	60 [8]	60 [8]	70 [8]	70 [8]	85	85
280														85	85
300														85	85
Для болтов с шестигранной головкой по ОСТ 3301—3302															
$D \approx$	11,5	13,8	16,2	19,6	21,9	25,4	31,2	31,2	36,9	36,9	41,6	47,3	53,1	57,7	63,5
Для болтов с квадратной головкой по ОСТ 3303—3304															
$D \approx$	14,1	17	19,8	24,1	26,9	31,2	38,2	38,2	45,4	45,4	51	58	65,1	71	78

Резьба получается накатыванием без специальной подготовки стержня на участке под резьбу.

Болты, для которых значения l_0 расположены в таблице над ломаной линией, могут выполняться без подголовка (см. рис., помещ. справа).

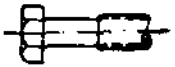
По особому соглашению допускается выполнять концы стержней болтов сферическими или по усеченному конусу.

Материал — сталь.

Для болтов с дюймовой резьбой вместо размера, помеченного значком [1], принимать число 9; отмеченного значком [2]—число 8; значком [3]—10; [4]—12; [5]—14; [6]—0,5; [7]—1.

Размеры, помеченные значком [8] относятся только к болтам с шестигранной головкой.

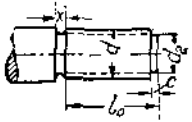
Размер, помеченный значком [9], не относится к болтам по ОСТ 3301.



Болты чистые с шестигранной головкой для отверстий на-под развертки

(по ОСТ 1725, 1727).

Дюймовая резьба



Болты под гайку обыкновенную, с прошплинтовкой или корончатую по ОСТ 1725.
Болты под гайку обыкновенную по ОСТ 1727.

мм

d дюймы	1/4"	5/16"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1 1/8"	1 1/4"	1 1/2"	1 3/4"	2"
$S_{ном} = S_{наиб}$	11	14	17	22	27	32	36	41	46	50	60	70	80
$S_{наим}$	10,8	13,8	16,8	21,75	26,75	31,7	35,7	40,7	45,7	49,7	59,6	69,6	79,6
d_0	7	9	10	14	17	20	23	26	30	33	40	46	52
d_2	4	5,5	7	9	12	14	17	19	22	25	30	35	40
$D \approx$	12,7	16,2	19,6	25,4	31,2	36,9	41,6	47,3	53,1	57,7	69,3	80,8	92,4
h	5	6	7	9	12	14	16	18	20	22	26	28	32
$r \leq$	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1,5	1,5	1,5	1,5

Значения для l и l_0 помещены в таблицах, на стр. 486—489.

Резьба по ОСТ 1260.

Сбег резьбы по ОСТ 1714/3, см. стр. 465.

В пределах сбега резьбы допускается проточка по ОСТ 1714/3, см. стр. 465.

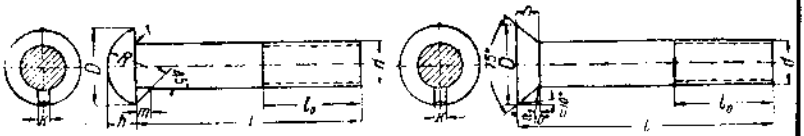
Гладкая часть стержня болта (d_0) обтачивается с допусками по системе отверстия для посадки, указываемой в заказе.

Размер c берется по ОСТ 1713.

Материал — сталь или латунь.

Болты черные с усом с полукруглой и потайной головкой (по ОСТ 140, 141, 142, 143) *).

ОСТ 140—141 ОСТ 142—143



Болты с полукруглой головкой и усом с метр. резьбой по ОСТ 140.
Болты с полукруглой головкой и усом с дюйм. резьбой по ОСТ 141.
Болты с потайной головкой и усом с метр. резьбой по ОСТ 142.
Болты с потайной головкой и усом с дюйм. резьбой по ОСТ 143.

мм

Общие размеры								
d мм	6	8	10	12	16	20	24	27
d дюймы	1/4"	5/16"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"
l	l_0							
25	20	20 1)						
30	20	20	25 1)					
35	20	20	25 1)	25 1)				
40	20	20	25	30 1)				
45	20	20	25	30	35 2)			
50	20	20	25	30	35			
55		20	25	30	35			
60		20	25	30	35	40		
65		20 1)	25	30	35	40	45	
70			25	30	35	40	45	
75			25	30	35	40	45	50
80			25	30	35	40	45	50
90			30	35	40	45	50	55

*) Редакция 1928 г. измененная против редакции 1927 г.

d *мм*	6	8	10	12	16	20	24	27
d дюймы	$^1/_4''$	$^5/_{16}''$	$^3/_8''$	$^1/_2''$	$^5/_8''$	$^3/_4''$	$^7/_8''$	$1''$
l	l_0							
100			30	35	40	45	50	55
110			30	35	40	45	50	55
120			30	35	40	45	50	55
130			30 [1]	35 [1])	40	45	50	55
140			30 [1])	35 [1])	40	45	50	55
150			30 [1])	35 [1])	40	45	50	55
160					40	45	50	55
180					45	50	55	60
200					45	50	55	60
k	2,5	2,5	3,5	3,5	4,5	4,5	6	6
Для болтов с полукруглой головкой и усом по ОСТ 140—141								
D	11	14,5	17	21	27	34	39	44
h	3,6	4,8	6	8	10	12	14	16
R	6	8	9	11	14	18	20,5	23
m	2,5	3	3,5	4	5	6	6	7
$r \leqq$	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5 [3])	1	1	1 [4])
Для болтов с потайной головкой и усом по ОСТ 142—143								
D	10,5	14	17,5	21	28	35	42	48
h	3	4	5	6	8	10	12	14

Резьба по ОСТ 32 и 1260.

По особому соглашению допускается выполнять концы стержней сферическими и по усеченному конусу, см. ОСТ 1713, стр. 467.

Сбег резьбы по ОСТ 1714/1 и 1714/3, стр. 465—466.

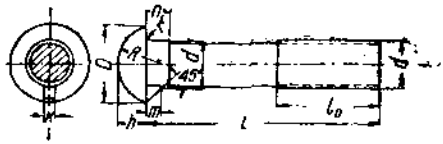
Материал — сталь.

Размеры, помеченные значком [1]), относятся только к ОСТ 140—141.

Размеры, помеченные значком [2]), относятся только к ОСТ 142—143.

Для ОСТ 140 вместо размера, помеченного значком [3]) — принимать число 1; отмеченного значком [4])—1,5.

Болты черные с полукруглой головкой и с усом, с накатанной резьбой (по ОСТ 3305—3306).



Болты для метрической резьбы по ОСТ 3305.

Болты для дюймовой резьбы по ОСТ 3306.

d мм	6	8	10	12	(14)	16	20	24	27
d дюйма	1/4″	5/16″	3/8″	1/2″	—	5/8″	3/4″	7/8″	1″
D	11	14,5	17	21	25	27	34	39	44
h	3,6	4,8	6	8	10	10	12	14	16
$R \approx$	6	8	9	11	12	14	18	20,5	23
m	2,5	3	3,5	4	5	5	6	6	7
k	2,5	2,5	3,5	3,5	4,5	4,5	4,5	6	6
h_1	3	4	5	5	7	8	10	12 [1]	14 [2]
$r \leq$	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1 [3]	1	1	1,5 [4]
l	l_0								
25	20	20							
30	20	20	25						
35	20	20	25	25	30				
40	20	20	25	30	30				
45	20	20	25	30	30				
50	20	20	25	30	30	35			
55		20	25	30	30	35			
60		20	25	30	30	35	40		
65		20	25	30	30	35	40	45	
70			25	30	30	35	40	45	
75			25	30	30	35	40	45	50
80			25	30	30	35	40	45	50
90			30	35	35	40	45	50	55
100			30	35	35	40	45	50	55
110			30	35	35	40	45	50	55
120			30	35	35	40	45	50	55
130			30	35	35	40	45	50	55
140			30	35	35	40	45	50	55
150			30	35	35	40	45	50	55
160					35	40	45	50	55
180					45	45	50	55	60
200					45	45	50	55	60

Резьба получается накатыванием без специальной подготовки стержня на участке под резьбу.

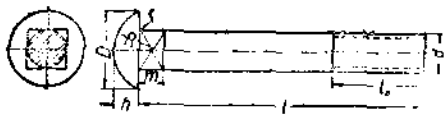
Болты, для которых значения l_0 расположены в таблице над ломаной линией, могут выполняться без подголовка. (см. рис., помещеный справа).

По особому соглашению допускается выполнять концы стержней болтов сферическими и по усеченному конусу, см. ОСТ 1713, стр. 467. Материал — сталь.

Для дюймовой резьбы вместо размера отмеченного значком [1]), принимать число 10; значком [2]) — число 12; значком [3]) — 0,5; значком [4]) —1

Болты черные с полукруглой головкой и квадратным подголовком

(по ОСТ 2069).
Дюймовая резьба.



мм

d дюймы	$^1/_4''$	$(^5/_{16}'')$	$^3/_8''$		$^5/_8''$	$^3/_4''$
D	14	16	19,5	25	32	37
h	3,6	4,8	6	8	10	12
$R \approx$	8	9	11	14	18	20,5
m	4	5	6	8	10	12
$r \leq$	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1

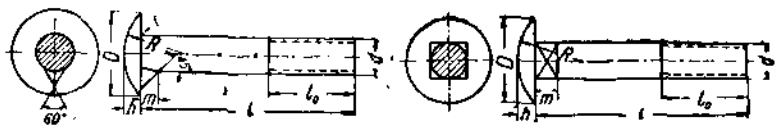
d дюймы	$^1/_4''$	$(^5/_{16}'')$	$^3/_8''$	$^1/_2''$	$^5/_8''$	$^3/_4''$
l	l_0					
20	15	15				
25	20	20	15			
30	20	20	20	20		
35	20	20	25	25		
40		20	25	25		
45		20	25	30	30	
50		20	25	30	35	
55		20	25	30	35	
60		20	25	30	35	40
65		20	25	30	35	40
70		20	25	30	35	40
75			25	30	35	40
80			25	30	35	40

d дюймы	$^1/_4''$	$(^5/_{16}'')$	$^3/_8''$	$^1/_2''$	$^5/_8''$	$^3/_4''$
l	l_0					
85				30	35	04
90				30	35	40
95				30	35	40
100				30	35	40
110				35	40	45
120				35	40	45
130				35	40	45
140				35	40	45
150				35	40	45
160				35	40	45
170				35	40	45
180					40	45
200						50

Болтов диаметром в $^5/_{16}''$ желательно не применять.
Резьба по ОСТ 1200.
Сбег резьбы по ОСТ 1714.
По особому соглашению допускается выполнять концы стержней **болтов сферическими или по усеченному конусу, см. ОСТ 1713, стр. 467.**
Материал — сталь.

Болты черные с полукруглой головкой (для дерева)
(по ОСТ 136, 137, 138, 139) *).

ОСТ 136—137 ОСТ 138—139



Болты с полукруглой головкой и усом с метр. резьбой по ОСТ 136.
Болты с полукруглой головкой и усом с дюймовой резьбой по ОСТ 137.
Болты с полукруглой головкой и квадратом с метр. резьбой по ОСТ 138
Болты с полукруглой головкой и квадратом с дюйм. резьбой по ОСТ 139

мм

Общие размеры								
d мм	6	8	10	12	16	20	24	27
d дюймы	1/4"	5/16"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"
D	15	20	25	30	40	45	55	60
h	3	4	5	6	8	10	12	13
R ≈	11	14,5	18	22	29	30,5	38	41
l	l_0							
25	20							
30	20	20	20[1])					
35	20	20	25[1])	25[1])				
40	20	20	25	30[2])	30[2])			
45	20	20	25	30	35[3])			
50	20	20	25	30	35			
55	20	20	25	30	35	40		
60	20	20	25	30	35	40		
70	25	25	30	35	40	45	50	
80	25	25	30	35	40	45	50	55

Ссылки [1]), [2]), [3]), см. стр. 482.

*) *Редакция 1928 г., измененная против редакции 1927 г.*

d мм	6	8	10	12	16	20	24	27
d дюймы	1/4"	5/16"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"
l	l_0							
90	25	25	30	35	40	45	50	55
100	25[1])	25	30	35	40	45	50	55
110		25[1])	30	35	40	45	50	60
120			30	35	40	45	50	60
130			30	35	40	45	50	60
140			30	35	40	45	50	60
150			30	35	40	45	50	60
160			30[1])	35	40	45	50	60
180				40	45	50	55	65
200				40	45	50	55	65
Для болтов с полукруглой головкой и усом по ОСТ 136—137								
m	3	3,8	5	6	7	8	10	12
$r \leqq$	0,5	0,5	0,5	0,5	1[4])	1	1	1,5[5])
Для болтов с полукруглой головкой и квадратом по ОСТ 138—139								
m	5	6	8	10	12	15	17	20

Резьба по ОСТ 32 и 1260.

Сбег резьбы по ОСТ 1714/1 и 1714/3, стр. 465—466.

По особому соглашению допускается выполнять концы стержней болтов сферическими или по усеченному конусу, см. ОСТ 1713, стр. 467.

Размеры, помеченные значком [1]), принадлежат только ОСТ 138—139.

Для ОСТ 138—139 вместо размеров, помеченных значком [2]), принимать размер 25; значком [3])—размер 30.

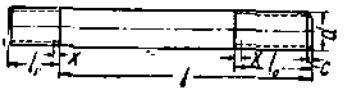
Для ОСТ 137 вместо размера, помеченного значком [4]), принимать число 0,5; значком [5]) — число 1.

Материал — сталь

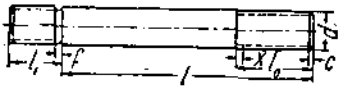
Шпильки

(по ОСТ 1728, 1729, 1730, 1731, 1732, 1733, 1734, 1735, 1736, 1737, 1738, 1739, 1740, 1741, 1742, 1743).

Шпильки обыкновенные по ОСТ 1728—1735



Шпильки с проточкой *) по ОСТ 1736—1743



Шпильки обыкновен. с метрич. резьбой

Шпильки под гайку обыкновенную, с прошплинтовкой или корончатую по ОСТ 1728
Шпильки под гайку обыкновенную по ОСТ 1730

Глубина завинчивания $\approx 1{,}35\ d$

d	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36	42	48
l_1	10	12	15	18	20	22	25	28	30	35	38	42	50	58	65

Шпильки под гайку обыкновенную, с прошплинтовкой или корончатую по ОСТ 1732
Шпильки под гайку обыкновенную по ОСТ 1734

Глубина завинчивания $\approx 1\ d$

d	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36	42	48
l_1	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36	42	48

Шпильки с проточкой с метрич. резьбой

Шпильки под гайку обыкновенную, с прошплинтовкой или корончатую по ОСТ 1736
Шпильки под гайку обыкновенную по ОСТ 1738

Глубина завинчивания $\approx 1{,}35\ d$

d	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36	42	48
l_1	18	20	22	25	28	30	35	38	42	50	58	65
f	3	3	3	4	4	4	5	5	6	8	8	8

Шпильки под гайку обыкновенную, с прошплинтовкой или корончатую по ОСТ 1740
Шпильки под гайку обыкновенную по ОСТ 1742

Глубина завинчивания $\approx 1\ d$

d	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36	42	48
l_1	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36	42	48
f	3	3	3	4	4	4	5	5	6	8	8	8

*) Для кольцевых канавок — наружных и внутренних — в Справ. металлиста принят, кроме этого случая, упомянутого в ОСТ, термин „выточка" (см. „Холодная обработка металлов", том II).

Шпильки обыкновенные с дюймовой резьбой

Шпильки под гайку обыкновенную, с прошплинтовкой или корончатую по ОСТ 1729.
Шпильки под гайку обыкновенную по ОСТ 1731.

Глубина завинчивания $\approx 1{,}35\ d$

d дюймы	1/4"	5/16"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1 1/8"	1 1/4"	1 1/2"	1 3/4"	2"
l_1	10	12	15	18	22	26	30	35	38	42	50	60	70

Шпильки под гайку обыкновенную, с прошплинтовкой или корончатую по ОСТ 1733.
Шпильки под гайку обыкновенную по ОСТ 1735.

Глубина завинчивания $\approx 1\ d$

d дюймы	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1 1/8"	1 1/4"	1 1/2"	1 3/4"	2"
l_1	10	13	16	20	22	25	28	32	38	44	50

Шпильки с проточкой с дюймовой резьбой

Шпильки под гайку обыкновенную с прошплинтовкой или корончатую по ОСТ 1737.
Шпильки под гайку обыкновенную по ОСТ 1739.

Глубина завинчивания $\approx 1{,}35\ d$

d дюймы	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1 1/8"	1 1/4"	1 1/2"	1 3/4"	2"
l_1	18	22	26	30	35	38	42	50	60	70
f	3	3	4	4	5	5	5	6	8	8

Шпильки под гайку обыкновенную, с прошплинтовкой или корончатую по ОСТ 1741.
Шпильки под гайку обыкновенную по ОСТ 1743.

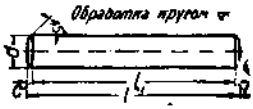
Глубина завинчивания $\approx 1\ d$

d дюймы	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1 1/8"	1 1/4"	1 1/2"	1 3/4"	2"
l_1	13	16	20	22	25	28	32	38	44	50
f	3	3	4	4	5	5	5	6	8	8

Значения для длин l и l_0 помещены в таблицах на стр. 486—489.
Резьба по ОСТ 32 и 1330.
Сбег резьбы по ОСТ 1714/1 и 1714/3, стр. 465—466.
В пределах сбега резьбы под гайку допускается проточка по ОСТ 1714/1 и 1714/3, стр. 465—466.
Шпильки могут быть чистыми (точеные и из чистотянутого материала) и черными (из проката).
Конец шпильки под гайку выполняется по усеченному конусу, допускается так же выполнять его сферическим по ОСТ 1713, стр. 467 (размер c берется по ОСТ 1713).
Материал—сталь.

Штифты цилиндрические

(по ОСТ 2072).



$l = l_1 + 2c$

мм

d	1	1,5	2	3	4	5	6	8	10	13	16	20	25
c	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	1	1,2	1,5	1,8	2	2,5	3,5
l_1	5	5	5	6	8	10	15	18	20	25	30	40	50
	6	6	6	8	10	12	18	20	25	30	40	50	60
	8	8	8	10	12	15	20	25	30	40	50	60	80
	10	10	10	12	15	18	25	30	40	50	60	80	100
		12	12	15	18	20	30	40	50	60	80	100	120
		15	15	18	20	25	(35)	50	60	80	100	120	140
			18	20	(22)	30	40	60	80	100	120	140	160
			20	(22)	25	(35)	(45)	80	100	120	140	160	180
				25	30	40	50			140	160	180	200
				30	(35)	(45)	60				180	200	
					40	50							

Размеров, отмеченных скобками, по возможности избегать.

Концы штифтов выполняются по усеченному конусу; по особому соглашению допускается выполнять их по сфере, см. ОСТ 1713 стр. 467.

Материал — сталь.

Длина нарезанной части болта и шпильки в зависимости от диаметра и общей длины.

Болты и шпильки под гайку обыкновенную.

	С метрической резьбой	См. стр.	С дюймовой резьбой	См. стр.
Болты чистые	ОСТ 1717	469	ОСТ 1721	471
Болты получистые	ОСТ 1719	469	ОСТ 1723	471
Болты чистые для отверстий из-под развертки	ОСТ 1726	470	ОСТ 1727	476
Шпильки	ОСТ 1730	433	ОСТ 1731	484
Шпильки	ОСТ 1734	483	ОСТ 1735	484
Шпильки с проточкой	ОСТ 1738	483	ОСТ 1739	484
Шпильки с проточкой	ОСТ 1742	483	ОСТ 1743	484

d мм	6	8	10	12	14	16	18	20	22	—	24	27	30	36	—	42	—	48	—
d дюймы	1/4″	5/16″	3/8″	1/2″	—	5/8″	—	3/4″	—	7/8″	1″	1 1/8″	1 1/4″	—	1 1/2″	—	1 3/4″	—	2″
l	l_0																		
16	12																		
18	12	15																	
20	12	15																	
22	12	15	18																
25	12	15	18	22															
28	12	15	18	(22)	(25)														
30	12	15	18	22	25														
32	12	15	18	(22)	(25)	(28)													
35	12	15	18	22	25	28	30												
38	12	15	18	(22)	(25)	(28)	(30)	(32)											
40	12	15	18	22	25	28	30	32											
42	12	15	18	(22)	(25)	(28)	(30)	(32)	(32)	(35)									
45	12	15	18	22	25	28	30	32	32	35	38								
48	12	15	18	(22)	(25)	(28)	(30)	(32)	(32)	(35)	(38)								
50	12	15	18	22	25	28	30	32	32	35	38								

55	15	18	20	22	25	28	30	32	32	35	38	42						
60	15	18	20	22	25	28	30	32	32	35	38	42						
65		18	20	22	25	28	30	32	32	35	38	42	(50)					
70		18	20	22	25	28	30	32	32	35	38	42	50	55	60			
75		18	20	22	25	28	30	32	32	35	38	42	(50) [2]	(55)	60			
80		18	20	22	25	28	30	32	32	35	38	42	50	55	60	65	70	
85			20	22	22	28	30	32	32	35	38	42	(50) [2]	(55)	60	(65)	70	(70)	75
90			20	22	25	28	30	32	32	35	38	42	50	55	60	65	70	70	75
95			20	22	25	28	30	32	32	35	38	42	(50) [2]	(55)	60	(65)	70	(70)	75
100			20	22	25	28	20	32	32	35	38	42	50	55	60	65	70	70	75
(105)			(20)	(22)	(25)	(28)	(30)	(32)	(32)	(35)	(38)	(42)	—	—	—	—	—	—	—
110			25	28	30	32	30	38	38	40	45[1]	48	50	55	60	65	70	70	75
(115)			(25)	(28)	(30)	(32)	(35)	(38)	(38)	(40)	(45[1])	(48)	—	—	—	—	—	—	—
120			25	28	30	32	35	38	38	40	45[1]	48	50	55	60	65	70	70	75
130				28	30	32	35	38	38	40	45[1]	48	50	55	60	65	70	70	75
140				28	30	32	35	38	38	40	45[1]	48	50	55	60	65	70	70	75
150				28	30	32	35	38	38	40	45[1]	48	50	55	60	65	70	70	75
160				28	30	32	35	38	38	40	45[1]	48	50	55	60	65	70	70	75
170				28	30	32	35	38	38	40	45[1]	48	50	55	60	65	70	70	75
180				28	30	32	35	38	38	40	45[1]	48	50	55	60	65	70	70	75
190						32	35	38	38	40	45[1]	48	50	55	60	65	70	70	75
200						32	35	38	38	40	45[1]	48	50	55	60	65	70	70	75
(210)													(50)	(55)	(60)	(65)	(70)	(70)	(75)
220													60	65	70	75	80	80	85
(230)													(60)	(65)	(70)	(75)	(80)	(80)	(85)
240													60	65	70	75	80	80	85
(250)														(65)	70	(75)	80	(80)	85
260														65	70	75	80	80	85
280														65	70	75	80	80	85
300														65	70	75	80	80	85

Размеров, поставленных в скобки, по возможности не применять.

Для дюймовой резьбы вместо размеров, помеченных значком [1]), принимать число 42.

Размеры, отмеченные значком [2]), для болтов с дюймовой резьбой не являются нежелательными.

Длина нарезанной части болта и шпильки в зависимости от диаметра и общей длины.

Болты и шпильки под гайку обыкновенную, с прошплинтовкой или корончатую.

	С метрической резьбой	См. стр.	С дюймовой резьбой	См. стр.
Болты чистые	ОСТ 1716	469	ОСТ 1720	471
Болты получистые	ОСТ 1718	469	ОСТ 1722	471
Болты чистые для отверстий из-под развертки	ОСТ 1724	470	ОСТ 1725	476
Шпильки	ОСТ 1728	483	ОСТ 1729	484
Шпильки	ОСТ 1732	483	ОСТ 1733	484
Шпильки с проточкой	ОСТ 1736	483	ОСТ 1737	484
Шпильки с проточкой	ОСТ 1740	483	ОСТ 1741	484

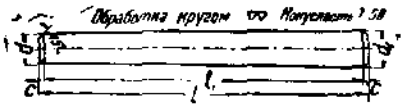
d мм	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36	—	42	—	48	—
d дюймы	$^1/_4''$	$^5/_{16}''$	$^3/_8''$	$^1/_2''$	—	$^5/_8''$	—	$^3/_4''$	$^7/_8''$	$1''$	$1^1/_8''$	$1^1/_4''$	—	$1^1/_2''$	—	$1^3/_4''$	—	$2''$
l	l_0																	
16	15																	
18	15	18																
20	15	18																
22	15	18	20															
25	15	18	20	25														
28	15	18	20	(28)	(28)													
30	15	18	20	28	30													
32	16	18	20	(28)	(30)	(32)												
35	15	18	20	28	30	32	35											
38	15	18	20	(28)	(30)	(32)	(35)	(38)										
40	15	18	20	28	30	32	35	38										
42	15	18	20	(28)	(30)	(32)	(35)	(38)	(42)									
45	15	18	20	28	30	32	35	38	42	45								
48	15	18	20	(28)	(30)	(32)	(35)	(38)	(42)	(45)								
50	15	18	20	28	30	32	35	38	42	45								

55	18	20	22	28	30	32	35	38	42	45	50							
60	18	20	22	28	30	32	35	38	42	45	50							
65		20	22	28	30	32	35	38	42	45	50	(60)						
70		20	22	28	30	32	35	38	42	45	50	60	65	70				
75		20	22	28	30	32	35	38	42	45	50	(60)[1]	(65)	(70)				
80		20	22	28	30	32	35	38	42	45	50	60	65	70	75	80		
85			22	28	30	32	35	38	42	45	50	(60)[1]	(65)	70	(75)	80	(80)	85
90			22	28	30	32	35	38	42	45	50	60	65	70	75	80	80	85
95			22	28	30	32	35	38	42	45	50	(60)[1]	(65)	70	(75)	80	(80)	(85)
100			22	28	30	32	35	38	42	45	50	60	65	70	75	80	80	85
(105)			(22)	(28)	(30)	(32)	(35)	(38)	(42)	(45)	(50)	—	—	—	—	—	—	—
110			28	32	35	38	40	42	48	50	55	60	65	70	75	80	80	85
(115)			(28)	(32)	(35)	(38)	(40)	(42)	48	(50)	(55)	—	—	—	—	—	—	—
120			28	32	35	38	40	42	48	50	55	60	65	70	75	80	80	85
130				32	35	38	40	42	48	50	55	60	65	70	75	80	80	85
140				32	35	38	40	42	48	50	55	60	65	70	75	80	80	85
150				32	35	38	40	42	48	50	55	60	65	70	75	80	80	85
160				32	25	38	40	42	48	50	55	60	65	70	75	80	80	85
170				32	35	38	40	42	48	50	55	60	65	70	75	80	80	85
180				32	35	38	40	42	48	50	55	60	65	70	75	80	80	85
190						38	40	42	48	50	55	60	65	70	75	80	80	85
200						38	40	42	48	50	55	60	65	70	75	80	80	85
(210)												(60)	(65)	(70)	(75)	(80)	(80)	(85)
220												70	75	80	85	90	90	95
(230)												(70)	(75)	(80)	(85)	(90)	(90)	(95)
240												70	75	80	85	90	90	95
(250)													(75)	(80)	(85)	(90)	(90)	(95)
260													75	80	85	90	90	95
280													75	80	85	90	90	95
300													75	80	85	90	90	95

Размеров, поставленных в скобки, по возможности не применять.
Размеры, отмеченные значком [1]), для болтов с дюймовой резьбой не являются нежелательными.

Штифты конические
(по ОСТ 2073—2074).

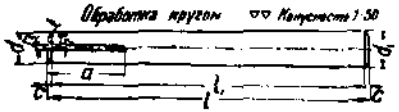
Штифты конические по ОСТ 2073



$$d_1 = d + \frac{l_1}{50}$$

$$l = l_1 + 2c$$

Штифты конические разводные по ОСТ 2074



мм

d	1	1,5	2	3	4	5	6	8	10	13	16
c	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	1	1,2	1,5	1,8	2
l_1	10	10	10	12	18	30	35	40	40	50	60
	12	12	12	15	20	35	40	45	45	(55)	(70)
	15	15	15	18	22	40	45	50	50	60	80
		18	18	20	25	45	50	(55)	(55)	(70)	100
		20	20	22	(28)	50	(55)	60	60	80	130
		22	22	25	30	(55)	60	(70)	(70)	100	160
		25	25	(28)	35	60	(70)	80	80	130	200
			(28)	30	40	(70)	80	100	100	160	250
			30	35	45	80	100	130	130	200	
			35	40	50				160		
				45	(55)						
				50	60						
a	—	—	—	—	—	12	15	20	25	30	40
b	—	—	—	—	—	1	1	1,5	1,5	2	2

Разводные штифты делаются диаметром от 5 мм и выше; длины их помещены в таблице между жирными линиями (длины для разводных штифтов можно выбирать из всей таблицы, включая и участок, ограниченный жирными линиями).

Размеров, отмеченных скобками, по возможности не применять.

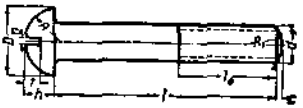
Концы штифтов выполняются по усеченному конусу, по особому соглашению допускается выполнять их по сфере см. ОСТ 1713, стр. 467.

Материал — сталь.

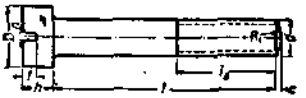
Винты для металла (точеные)

(до ОСТ 214, 216, 218, 219).

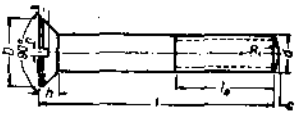
Винты с полукруглой головкой по ОСТ 214



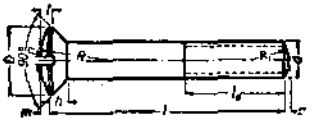
Винты с цилиндрической головкой по ОСТ 218



Винты с потайной головкой по ОСТ 216



Винты с полупотайной головкой по ОСТ 219



мм

Общие размеры														
d	1	1,2	1,4	1,7	2	2,3	2,6	3	(3,5)	4	5	6	8	10
n	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,8	0,8	1	1,2	1,5	2
$c \approx$	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,9	1	1,5	1,7
R_1	0,8	1	1	1,5	1,5	2	2	2,5	3	3	4	5	6	8
l	l_0													
1,5	1,5[9])													
2	2													
2,5	2,5	2,5												
3	3	3	3											
3,5	3[1])	3,5	3,5											
4	3	4	4	4	4									
5	3	4	4	5	5	5	5[10]							
6		4	4	5	6	6	6	6[3])						
7		4	4	5	6[2])	7	7	7	7					
8			4	5	6	7[7])	8	8	8	8				
10			4	5	6	7	8	9[4])	10	10	10			
12				5	6	7	8	9	10	12	12	12		
15				5	6	7	8	9	10	12	12	15	15	
18					6	7	8	9	10	12	12	15[5])	18	18
22						7	8	9	10	12	12	15	20[6])	22
26							8	9	10	12	12	15	20	25[7])
30								9	10	12	12	15	20	25[8])
35										12	12	15	20	25
40											12	15	20	25
45											12	15	20	25
50												15	20	25
55														25
60														25

Винты с полукруглой головкой по ОСТ 214														
D	2	2,3	2,6	3	3,5	4	4,5	5	6	7	9	10	13	16
h	1	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,3	2,7	3,1	4	4,5	6	7,5
R ≈	1	1,2	1,3	1,5	1,8	2	2,3	2,5	3	3,5	4,5	5	6,5	8
t	0,5	0,6	0,6	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,4	2,5	3	3,7
Винты с потайной головкой по ОСТ 216														
D	2	2,6	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6,5	7,5	9	11	15	18
h	0,6	0,6	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,5	1,8	2	2,5	3	4	5
t	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,3	1,5	2	2,5
Винты с цилиндрической головкой по ОСТ 218														
D	2	2,3	2,6	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	7,5	9	12	15
h	0,8	1	1	1,3	1,5	1,8	2	2,5	2,6	3	3,8	4,5	6	7,5
t	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,9	1	1,2	1,3	1,5	1,9	2,2	3	3,7
Винты с полупотайной головкой по ОСТ 219														
D	2	2,6	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6,5	7,5	9	11	15	18
h	0,6	0,6	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,5	1,8	2	2,5	3	4	5
m ≈	0,25	0,35	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,1	1,7	1,9	2,2
R	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	10	12	16	20
t	0,3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,3	1,5	1,8	2,4	3	3,6

Винта диаметром 3,5 *мм* по возможности не применять.

Сбег резьбы по ОСТ 1714/1, стр. 466.

Конец болта выполняется по сфере; по особому соглашению его можно выполнять по усеченному конусу ОСТ 1713 стр. 467.

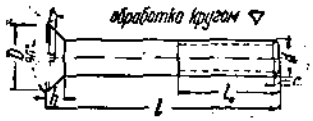
Для ОСТ 216 и 219 вместо размера, помеченного значком [1]), принимать число 3,5; значком [2])—7; [3])—8; [4])—10; [5])—18; [6])—22; [7])—26; [8])—30.

Размер, отмеченный значком [9]), относится только к ОСТ 214 и 218, значком [10]) к ОСТ 218.

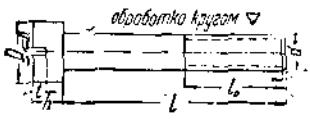
Материал — сталь или латунь.

Винты для металла (точеные) с потайной и цилиндрической головкой
(по ОСТ 3972, 3973).
Метрическая резьба.

Винты с потайной головкой по ОСТ 3972



Винты с цилиндрической головкой по ОСТ 3973



мм

Общие размеры									
d	12	14	16	18	20	22	24	27 [9]	30 [9]
c	1,8	2	2	2,5	2,5	2,5	3	3,5 [9]	4 [9]
l	l_0								
18	18								
22	22	22							
26	26	26	26						
30	28 [1]	30	30	30					
35	28	32 [2]	35	35	35				
40	28	32	36 [3]	40	40				
45	28	32	36	40 [4]	45	45			
50	28	32	36	40	45 [5]	48 [6]			
55	28	32	36	40	45	48 [7]			
60	28	32	36	40	45	48 [8]	52 [9]		
65	28	32	36	40	45	48	52 [9]		
70	28	32	36	40	45	48	52		
75		32	36	40	45	48	52		
80		32	36	40	45	48	52	58 [9]	
85			36	40	45	48	52	58 [9]	
90			36	40	45	48	52	58 [9]	65 [9]
95				40	45	48	52	58 [9]	65 [9]
100				40	45	48	52	58 [9]	65 [9]

Сноски — см. стр. 494.

d	12	14	16	18	20	22	24	27 [9]	30 [9]
l	l_0								
105					45	48	52	58 [9]	65 [9]
110					45	48	52	58 [9]	65 [9]
120						48	52	58 [9]	65 [9]
130						48	52	58 [9]	65 [9]
140						48 [9]	52	58 [9]	65 [9]
150						48 [9]	52	58 [9]	65 [9]
160							52 [9]	58 [9]	65 [9]
170								58 [9]	65 [9]
180									65 [9]
190									65 [9]
Винты с потайной головкой по ОСТ 3972									
α	90°					60°			
D	22	25	28	32	36	36	39	—	—
h	6	6,5	7	8	9	13	14	—	—
n	2,5	2,5	3	3	4	4	4	—	—
t	3	3	3,5	4	4,5	6	6,5	—	—
z	1	1	1	1	1	0,9	1	—	—
Винты с цилиндрической головкой по ОСТ 3973									
D	18	22	24	27	30	32	36	38	42
h	9	11	12	14	15	17	18	20	22
n	2,5	2,5	3	3	4	4	4	5	5
t	4,5	5,5	6	7	7,5	8,5	9	10	11

Резьба по ОСТ 32.

Сбег резьбы по ОСТ 1714/1, стр. 466.

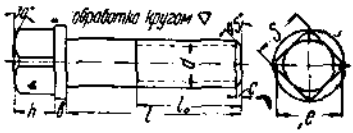
Конец стержня болта выполняется по усеченному конусу; по особому соглашению его можно выполнить по сфере по ОСТ 1713, стр. 467.

Для ОСТ 3972 вместо размера, помеченного значком [1]), стоит число 30; значком [2])—35; [3])—40; [4])—45; [5])—50; [6])—50; [7])—55; [8])—60; размеры, помеченные значком [9]), относятся только к ОСТ 2973.

Материал — сталь (σ_b=44—52 *кг/мм*²).

Винты для металла (точеные) с квадратной головкой и буртиком (по ОСТ 3974).

Метрическая резьба.



мм

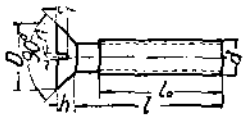
d	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
$S_{ном} = S_{наиб}$	5	7	9	11	14	14	17	19	22	22	24
$S_{наим}$	4,8	6,8	8,8	10,8	13,8	13,8	16,8	18,75	21,75	21,75	23,75
$e \approx$	6,5	9	12	14	18	18	22	25	28	28	32
h	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	22
D	7,5	11	14	16	20	20	25	28	30	32	36
b	2	2	2	3	3	4	4	5	5	5	6
c	0,8	1	1,2	1,5	1,8	2	2	2,5	2,5	2,5	3
l_0	12	15	20	25	28	32	36	40	45	48	52
l	15	15	22	26	30	35	45	50	55	60	70
	18	18	26	30	35	40	50	55	60	65	75
	22	22	30	35	40	45	55	60	65	70	80
	26	26	35	40	45	50	60	65	70	75	85
	30	30	40	45	50	55	65	70	75	80	90
	35	35	45	50	55	60	70	75	80	85	95
	40	40	50	55	60	65	75	80	85	90	100
	45	45		60	65	70	80	85	90	95	105
		50			70	75	85	90	95	100	110
						80	90	95	100	105	120
								100	105	110	130
									110	120	140
										130	150
										140	160
										150	170
											180

Резьба по ОСТ 32.
Сбег резьбы по ОСТ 1714/1, стр. 466.
Материал — сталь ($\sigma_b = 44-52$ *кг/мм*^{2}).

Винты для металла (накатанные)
(по ОСТ 215, 217).
Метрическая резьба

Винты с полукруглой головкой по ОСТ 215.

Винты с потайной головкой по ОСТ 217.

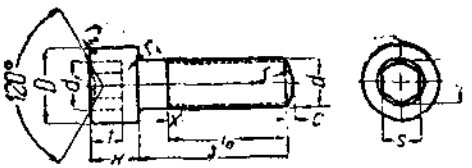


мм

Общие размеры								
d	2,3	2,6	3	4	5	6	8	10
n	0,5	0,6	0,6	0,8	1,2	1,2	1,5	2
l	l_0							
5	5							
6	6	6						
7	7	7	7					
8	8	8	8	8				
10	10	10	10	10	10	10 [1]		
12	12	12	12	12	12	12		
15	15	15	15	15	15	15	15	
18	18	18	18	18	18	18	18	18
22	22	22	22	22	22	22	22	22
26		26	26	26	26	26	26	26
30			30	30	30	30	30	30
35				30	30	30	30	30
40					30	30	30	30
45					30	30	30	30
50	Выше ступенчатой линии $l_0 = l$,					30	30	30
55	ниже $l_0 < l$ и равно 30 *мм* для							30
60	всех винтов							30
Винты с полукруглой головкой по ОСТ 215.								
D	4	4,5	5	7	9	10	13	16
h	1,8	2	2,3	3,1	4	4,5	6	7,5
R ≈	2	2,3	2,5	3,5	4,5	5	6,5	8
t	1	1,1	1,3	1,8	2,3	2,7	3,5	4,5
Винты с потайной головкой по ОСТ 217.								
D	4,3	4,8	5,6	7,2	9	11	14	18
h	1	1,1	1,3	1,6	2	2,5	3	4
t	0,5	0,6	0,6	0,8	1,1	1,3	1,6	2

Резьба по ОСТ 94 и 32.
Материал — сталь или латунь.
Размер, помеченный значком [1]) относится только к ОСТ 215.

Винты с цилиндрической головкой с шестигранным отверстием (по DIN E 912).



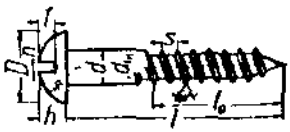
мм

d	*мм*	6		8	10	12		14	16	18		20	22	24	
	дюймы		(1/4″)	(5/16″)	(3/8″)		1/2″		5/8″		3/4″		7/8″		1″
D наиб	b_1	18	18	22	25	28	0	32	36	40	42	45	48	52	55
		10	11	13	16	18	19	22	24	27	30	30	33	6	38
	d_1	6	6	7	9,5	12	12	14	14	17	17	17	20	20	20
	k	6	6,5	8	0	12	12,5	14	16	18	19	20	22	24	25
	r	5	5	6	6	10	10	12	15	15	18	18	20	20	22
	r_1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1
	r_2	0,5	0,6	0,8	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
Шестигранное отверстие в головке	s наим.	5,02	5,02	6,02	8,04	10,04	10,04	12,04	12,04	14,04	14,04	14,04	17,04	17,04	17,04
	s *наиб.*	5,05	5,05	6,05	8,1	10,1	10,1	12,1	12,1	14,1	14,1	14,1	17,1	17,1	17,1
	$e \approx$	5,8	5,8	6,9	9,2	11,5	11,5	13,8	13,8	16,2	16,2	16,2	19,6	19,6	19,6
Шестигранный ключ для завинчивания винта	s наим.	4,92	4,92	5,92	7,9	9,9	9,9	11,9	11,9	13,9	13,9	13,9	16,9	16,9	16,9
	s наиб	5	5	6	8	10	10	12	12	14	14	14	17	17	17
	$e \approx$	5,8	5,8	7,0	9,4	11,7	11,7	14,0	14,0	16,3	16,3	16,3	19,8	19,8	19,8
t		4	4	5	6	8	8	9	10	11	11	12	12	14	14
l		8	8	10	12	15	15	20	20	25	30	30	50	55	55
		10	*10*	*12*	*15*	*20*	*20*	*25*	*25*	*30*	*35*	*35*	*55*	*60*	*60*
		12	12	15	20	25	25	30	30	35	40	40			
		15	15	20	25	30	30	35	35	40	45	45			
		20	20	25	30	35	35	40	40	45	50	50			
		25	25	30	35	40	40	45	45	50	55	55			
		30	30	35	40	45	45	50	50	55	60	60			
		35	35	*40*	*45*	*50*	*50*	*55*	*55*	60	70	70			
					50	55	55	60	60	70	80	80			
					5	60	60	70	70	80	90	90			

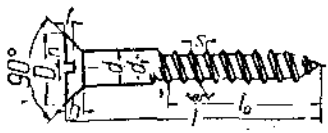
Размеров, заключенных в скобки, по возможности избегать.
Размер x можно брать по ОСТ 1714/1, стр. 466 (DIN предлагает брать по DIN 76).
Размер e можно брать по ОСТ 1713 стр 467 (NDI предлагает брать по DIN 78).

Винты для дерева (шурупы)
(по ОСТ 188, 189, 190).

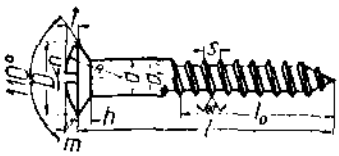
Винты для дерева с полукруглой головкой по ОСТ 188.



Винты для дерева с потайной головкой по ОСТ 189.



Винты для дерева с полупотайной головкой по ОСТ 190.



мм

Общие размеры														
d	1,4	1,7	2	2,3	2,6	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	10
d_1	0,9	1,2	1,4	1,7	1,7	2,1	2,3	2,6	3,1	3,3	4,3	4,9	5,9	7
n	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,8	0,8	1	1,2	1,2	1,5	1,5	2	2,5
s	0,8	0,8	1	1	1,25	1,25	1,5	1,8	1,8	2,2	2,6	3	3,5	4,5
l	6	6	6	6	6	9	12	15	22	22	26[1]	40[1]	45[1]	85
	9	9	9	9	9	12	15	18	26	26	30	45	50	100
		12	12	12	12	15	18	22	30	30	35	50	60	120
			15	15	15	18	22	26	35	35	40	60	70	
				18	18	22	26	30	40	40	45	70	85	
					22	26	30	35	45	45	50	85	100	
					26	30	35	40	50	50	60	100		
							40	45	60	60	70			
								50	70	70	85			
								60						
Для винтов, длины которых помещены над жирной линией, $l_0 = 0{,}5\ l$, а для всех остальных $l_0 = 0{,}6\ l$														
Винты для дерева с полукруглой головкой по ОСТ 188														
D	3	3,5	4	4,5	5	6	6,8	7,8	8,8	9,8	11,8	13,8	15,6	19
h	1,4	1,6	1,8	2	2,3	2,4	2,7	3	3,4	3,8	4,5	5,2	6	7,5
R	1,5	1,8	2	2,3	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	10
t	0,8	0,9	1	1,1	1,3	1,4	1,6	1,8	2	2,3	2,7	3	3,5	4,5
Винты для дерева с потайной головкой по ОСТ 189														
D	2,8	3,4	4	4,6	5,2	6	7	8	9	10	12	14	16	20
h	0,7	0,8	1	1,15	1,3	1,5	1,75	2	2,25	2,5	3	3,5	4	5
t	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,8	0,8	1	1,1	1,2	1,5	1,7	2	2,5

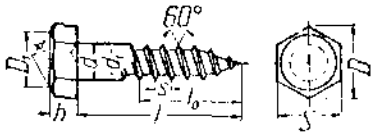
Размеры, помеченные значком [1]), относятся только к ОСТ 189.

Винты для дерева с полупотайной головкой по ОСТ 190.														
D	2,8	3,4	4	4,6	5,2	6	7	8	9	10	12	14	16	20
h	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,1	2,4	2,8	3,5
m	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,1	2,4	2,8	3,5
$R \approx$	2,3	2,7	3,2	3,7	4,2	4,8	5,6	6,4	7,1	8,0	9,6	11,2	12,8	16,0
t	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,1	2,4	2,8	3,5

Примечание то же, что и для глухарей — см. внизу страницы.

Винты для дерева (глухари)
(по ОСТ 191, 192).

Винты для дерева с шестигранной головкой по ОСТ 191

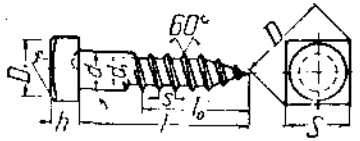


мм

d	6	8	10	12	16	20
d_1	4,3	5,9	7	9	13,8	15
S	11	14	17	22	27	32
h	4	6	7	10	12	14
$D \approx$	12,7	16,2	19,6	25,4	31,2	38,9
s	2,6	3,5	4,5	5	6	8
l	35 40 50 65	40 50 65 80	40 50 65 80 100 120	65 80 100 120 140	80 100 120 140 160 180	120 140 160 180 200 225 250

$D_1 \approx 0{,}95\ S \quad l_0 = 0{,}6\ l$

Винты для дерева с квадратной головкой по ОСТ 192



мм

d	12	16	20
d_1	9	13,8	15
S	22	27	32
h	10	12	14
$D \approx$	31,2	38,2	45,4
s	5	6	8
l	65 80 100 120 140	80 100 120 140 160 180	120 140 160 180 200 225 250

$D_1 \approx 0{,}95\ S \quad l_0 = 0{,}6\ l$

Для винтов ∅ до 12 *мм* включ. $r \leq 0{,}5$ *мм*.
" " ∅ 16 и 20 *мм* $r \leq 1{,}0$ *мм*.

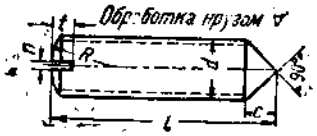
Величина шага, как элемента взаимозаменяемости не требующего, строго не нормируется и может иметь отступления от заданий, указанных в таблице, в пределах $\pm 5\%$.

При заострении конца стержня сбег резьбы должен быть проведен: для винтов диам. до 4 *мм* на числе витков не менее 1,5; для винтов диам. 4 *мм* и выше — на числе витков не менее 2.

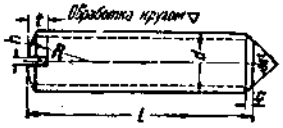
Материал — сталь или латунь.

Винты установочные для металла с головкой под отвертку
(по ОСТ 2051, 2053).
Метрическая резьба.

ОСТ 2051



ОСТ 2053



мм

Общие размеры

d	1	1,2	1,4	1,7	2	2,3	2,6	3	4	5
n	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,8
t	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,4	1,8
R ≈	0,8	1	1	1,	1,5	2	2	2,5	3	5
l	2 3 4	2 3 4	2 3 4 5	3 4 5 6	3 4 5 6 8	4 5 6 8 10	4 5 6 8 10 12	5 6 8 10 12 15	6 8 10 12 15 18	8 10 12 15 18 20 22

Винты установочные по ОСТ 2051

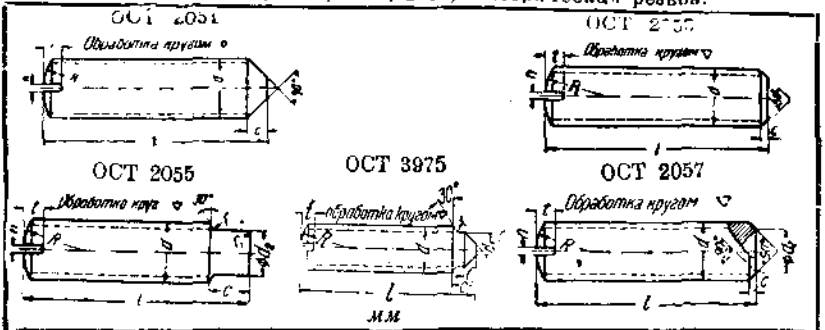
c	0,5	0,6	0,7	0,75	1	1,15	1,3	1,5	2	2,5

Винты установочные по ОСТ 2053

c	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,7	0,8

Резьба по ОСТ 94.
Материал — сталь.
Винты с диаметром выше 5 *мм* по ОСТ 2051 и 2053 см. на стр. 500.

Винты установочные для металла с головкой под отвертку
(по ОСТ 2051, 2053, 2055, 2057). Метрическая резьба.

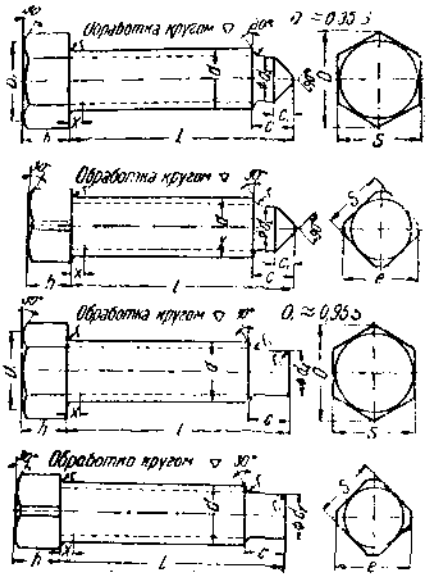


Общие размеры								
d	6	8	10	12	(14)	16	(18)	20
n	1	1,2	1,5	2	2	2,5	2,5	3
t	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6
$R \approx$	6	8	10	12	16	16	20	20
l	8	10	12	12	15	15	20	20
	10	12	15	15	18	18	22	22
	12	15	18	18	20	20	25	25
	15	18	20	20	22	22	28	28
	18	20	22	22	25	25	30	30
	20	22	25	25	28	28	35	35
	22	25	28	28	30	30	40	40
	25	28	30	30	35	35	45	45
		30	35	35	40	40	50	50
			40	40	45	45	60	60
				45		50		
						60		
Винты установочные по ОСТ 2051								
c	2	2,8	3,5	4	4,5	5	6	6
Винты установочные по ОСТ 2053								
c	1	1,2	1,5	1,8	2	2	2,5	2,5
Винты установочные по ОСТ 2055								
d_1	4,5	6	7	9	10	12	13	15
c	4	5	6	7	7	8	9	10
$r_1 \leq$	0,4	0,4	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8	1
Винты установочные по ОСТ 2057								
d_1	3	5	6	8	8	10	12	14
c	1,5	1,5	2	2	3	3	3	3
Винты установочные по ОСТ 3975								
d_1	4,5	6	7	9	10	12	13	15
c	4	5	6	7	7	8	9	10
c_1	2	2,5	3	3,5	4	4	4,5	5
$r_1 \leq$	0,4	0,4	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8	1

Размеров, отмеченных скобками, по возможности не применять.
Резьба по ОСТ 82.
Материал-сталь.
Болты для диаметров меньших 6 мм по ОСТ 2051 и 2053 помещены на стр. 499

Винты установочные для металла с головкой „под ключ“
(по ОСТ 2059, 2061, 2063, 2065).

Метрическая резьба.



ОСТ 2059

ОСТ 2061

ОСТ 2063

ОСТ 2065

мм

Общие размеры

d	6	8	10	12	(14)	16	(18)	20
d_1	4,5	6	7	9	10	12	13	15
e	4	5	6	7	7	8	9	10
$r \leq$	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1
$r_1 \leq$	0,4	0,4	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8	1
l	12	15	18	22	25	28	35	40
	15	18	20	25	28	30	40	45
	18	20	22	28	30	35	45	50
	20	22	25	30	35	40	50	60
	22	25	28	35	40	45	60	70
	25	28	30	40	45	50	70	80
	28	30	35	45	50	60	80	90
	30	35	40	50	60	70	90	100
	—	40	45	60	70	80	—	—
	—	—	50	—	—	—	—	—

Винты установочные с шестигранной головкой по ОСТ 2059								
$S_{ном} = S_{наиб}$	9	11	14	17	17	19	22	22
$S_{наим}$	8,8	10,8	13,8	16,8	16,8	18,75	21,75	21,75
h	5	6	7	9	10	12	14	14
$D \approx$	10,4	12,7	16,2	19,6	19,6	21,9	25,4	25,4
Винты установочные с квадратной головкой по ОСТ 2061								
$S_{ном} = S_{наиб}$	7	9	11	14	14	17	19	22
$S_{наим}$	6,8	8,8	10,8	13,8	13,8	16,8	18,75	21,75
h	6	7	8	10	12	14	16	18
$e \approx$	9	12	14	18	18	22	25	28
Винты установочные с шестигранной головкой по ОСТ 2063								
$S_{ном} = S_{наиб}$	9	11	14	17	17	19	22	22
$S_{наим}$	8,8	10,8	13,8	16,8	16,8	18,75	21,75	21,75
h	5	6	7	9	10	12	14	14
$D \approx$	10,4	12,7	16,2	19,6	19,6	21,9	25,4	25,4
c_1	2	2,5	3	3,5	4	4	4,5	5
Винты установочные с квадратной головкой по ОСТ 2065								
$S_{ном} = S_{наиб}$	7	9	11	14	14	17	19	22
$S_{наим}$	6,8	8,8	10,8	13,8	13,8	16,8	18,75	21,75
h	6	7	8	10	12	14	16	18
$e \approx$	9	12	14	18	18	22	25	28
c_1	2	2,5	3	3,5	4	4	4,5	5

Размеров, отмеченных скобками, по возможности не применять.

Резьба по ОСТ 32.

Сбег резьбы или проточка по ОСТ 1714/1, см. стр. 466.

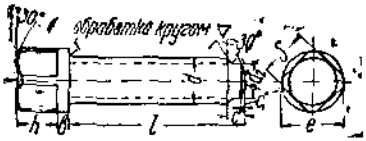
Материал — сталь.

Винты установочные для металла с головкой под ключ (по ОСТ 3976, 3977, 3978).

Метрическая резьба.

ОСТ 3976

ОСТ 3977



ОСТ 3978

Общие размеры								
d	6[1])	8[2])	10	12	(14)	16	(18)	20
l	12	15	18	22	25	28	30[3])	35[3])
	15	18	20	25	28	30	35	40
	18	20	22	28	30	35	40	45
	20	22	25	30	35	40	45	50
	22	25	28	35	40	45	50	60
	25	28	30	40	45	50	60	70
	28	30	35	45	50	60	70	80
	30	35	40	50	60	70	80	90
		40	45	60	70	80	90	100
			50					
Винты по ОСТ 3976								
$S_{\text{ном}} = S_{\text{наиб}}$	7	9	11	14	14	17	19	22
$S_{\text{наим}}$	6,8	8,8	10,8	13,8	13,8	16,8	18,75	21,75
h	6	7	8	10	12	14	16	18
$e \approx$	9	12	14	18	18	22	25	28
d_2	3	5	6	8	8	10	12	14
c	1,5	1,5	2	2	3	3	3	3
$r \leq$	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1

Винты по ОСТ 3977								
$S_{ном} = S_{наиб}$	—	9	11	14	14	17	19	22
$S_{н\ им}$	—	8,8	10,8	13,8	13,8	16,8	18,75	21,75
h	—	7	8	10	12	14	16	18
b	—	2	3	3	4	4	5	5
$e \approx$	—	12	14	18	18	22	25	28
d_2	—	6	7	9	10	12	13	15
c	—	3,5	4	5	5	6	7	7
$c_1 \approx$	—	0,8	1	1,2	1,3	1,6	1,9	1,9
R_1	—	6	6	9	10	12	12	16
$r \leqq$	—	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1
$r_1 \leqq$	—	0,4	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8	1
Винты по ОСТ 3978								
$S_{ном} = S_{наиб}$	—	—	5	7	8	9	11	11
$S_{н\ им}$	—	—	4,8	6,8	7,8	8,8	10,8	10,8
h	—	—	6	8	9	10	14	14
$e \approx$	—	—	6,5	9	10	12	14	14
d_2	—	—	7	9	10	12	13	15
c	—	—	6	7	7	8	9	10
c_1	—	—	3	3,5	4	4	4,5	5
$r \leqq$	—	—	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8	1

Размеров, отмеченных скобками, по возможности не применять.

Материал-сталь ($\sigma_b = 60-70$ *кг/мм*^{2}).

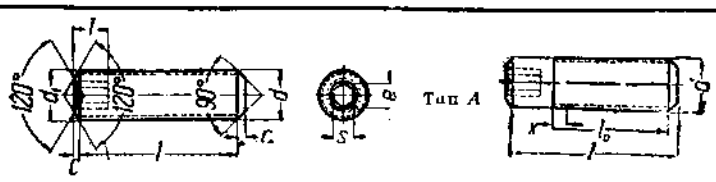
Резьба по ОСТ 32.

Сбег резьбы по ОСТ 1714/1; в пределах сбега допускается проточка по ОСТ 1714/1, см. стр. 466.

Размер диаметра помеченный значком [1]), — принадлежит только ОСТ 3976, значком [2]) ОСТ — 3976 и 3977.

Размеры, помеченные значком [3]), относятся только к ОСТ 3978.

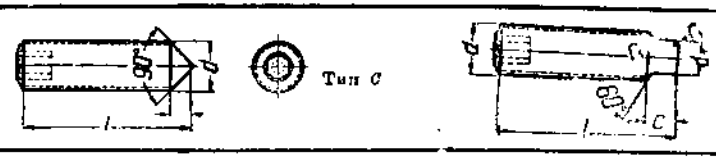
Винты установочные с шестигранным отверстием в головке (по DIN E 913).



d	мм	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
	дюймы	(1/4")	(5/16")	(3/8")	1/2"		5/8"	3/4"		7/8"	1"
l_0		18	22	25	28	32	36	40	45	48	52
d_1		3,5	5	6	7	7	9,5	12	12	14	14
Шестигранное отверстие в головке	$e \approx$	3,5	4,6	5,8	6,9	6,9	9,2	11,5	11,5	13,8	13,8
	S наим.	3,02	4,02	5,02	6,02	6,02	8,04	10,04	10,04	12,04	12,04
	S наиб.	3,05	4,05	5,05	6,05	6,05	8,1	10,1	10,1	12,1	12,1
Шестигранный ключ для завинчивания винта	$e \approx$	3,5	4,6	5,8	6,9	6,9	9,2	11,5	11,5	13,8	13,8
	S наим	2,95	3,92	4,92	5,92	5,92	7,9	9,9	9,9	11,9	11,9
	S наиб	3	4	5	6	6	8	10	10	12	12
t		4	5	6	8	8	10	12	12	15	15
c		0,5	0,6	0,8	1	1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,5
c_1		1	1,2	1,5	2	2	2	2,5	2,5	2,5	3
l (для типа A)		8	10	12	14	18	22	22	28	35	40
		10	12	14	16	20	25	25	30	40	45
		12	14	16	18	22	28	28	35	45	50
		14	16	18	20	25	30	30	40	50	55
		16	18	20	22	28	35	35	45	55	60
		18	20	22	25	30	40	40	50	60	70
l (для типа B)		20	22	25	28	35	45	45	55	70	80
		22	25	28	30	40	50	50	60	80	90
		25	28	30	35	45	55	55	70	90	100
		28	30	35	40	50	60	60	80		
		30	35	40	45	55	70	70	90		
		35	40	45	50	60		80			
				50	55	70					
					60						

Размеров, заключенных в скобки, по возможности избегать.
Размер x можно брать по ОСТ 1714/1, стр. 466 (DIN предлагает брать по DIN 76).

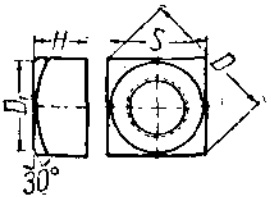
Винты установочные с шестигранным отверстием в головке (по DIN E 914)

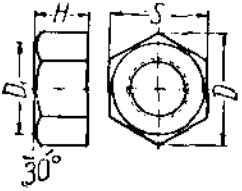


Размеры винтов можно брать из предыдущей таблицы; выполнение конца винта типа C можно брать по ОСТ 2051, стр. 500, типа D по ОСТ 2055, стр. 500 (ND1 предлагает брать по DIN 78).

Гайки черные
(по ОСТ 144, 145, 146, 147).

Квадратные гайки по ОСТ 144—145 | Шестигранные гайки по ОСТ 146—147





мм

Гайки черные квадратные для болтов с метрической резьбой по ОСТ 144
Гайки черные шестигранные для болтов с метрической резьбой по ОСТ 146.

Общие размеры

Диам. болта d	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36	42	48
$S_{ном} = S_{наиб}$	11	14	17	22	22	27	32	32	36	36	41	46	55	65	75
$S_{наим}$	10,6	13,5	16,5	21,4	21,4	26,4	31,4	31,4	35,2	35,2	40,2	45,2	54,0	64,0	74,0
H	5	6	8	10	10	12	14	16	18	20	20	25	30	35	40

Квадратные гайки по ОСТ 144

$D \approx$	15,6	19,8	21,1	31,2	31,2	38,2	45,4	45,4	51,0	51,0	58,0	65,1	78,0	92,0	106,0

Шестигранные гайки по ОСТ 146

$D \approx$	12,7	16,2	19,6	25,4	25,4	31,2	36,9	36,9	41,6	41,6	47,3	53,1	63,5	75,0	86,5

Гайки черные квадратные для болтов с дюймовой резьбой по ОСТ 145.
Гайки черные шестигранные для болтов с дюймовой резьбой по ОСТ 147.

Общие размеры

Диам. болта d дюймы	1/4″	5/16″	3/8″	1/2″	5/8″	3/4″	7/8″	1″	1 1/8″	1 1/4″	1 1/2″	1 3/4″	2″
$S_{ном} = S_{наиб}$	11	14	17	22	27	32	36	41	46	50	60	70	80
$S_{наим.}$	10,6	13,5	16,5	21,4	26,4	31,4	35,2	40,2	45,2	49,2	59,0	69,0	79,0
H	5	6	8	10	12	16	18	20	25	25	35	35	40

Квадратные гайки по ОСТ 145

$D \approx$	15,6	19,8	24,1	31,2	38,2	45,4	51,0	58,0	65,1	71,0	85,0	99,0	113,0

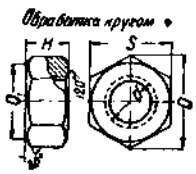
Шестигранные гайки по ОСТ 147

$D \approx$	12,7	16,2	19,6	25,4	31,2	36,9	41,6	47,3	53,1	57,7	69,3	80,8	92,4

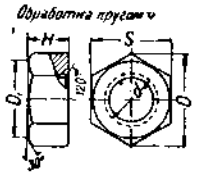
Резьба по ОСТ 32 и 1260.
Материал—сталь.

Гайки чистые и получистые
(по ОСТ 1744, 1745, 1746, 1747, 1748, 1749).

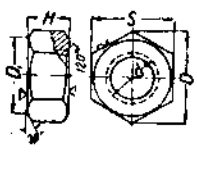
Гайки чистые с двумя фасками ОСТ 1744 — 1745



Гайки чистые с одной фаской ОСТ 1746 — 1747



Гайки получистые с двумя фасками ОСТ 1748 — 1749



мм

Диаметр болта		Гайки чистые с двумя фасками по ОСТ 1744 с метрической резьбой и по ОСТ 1745 с дюймовой резьбой. Гайки чистые с одной фаской по ОСТ 1746 с метрической резьбой и по ОСТ 1747 с дюймовой резьбой					Гайки получистые с двумя фасками по ОСТ 1748 с метрической резьбой и по ОСТ 1749 с дюймовой резьбой				
		$H \approx 0{,}8d$	$D \approx$	$D_1 \approx$	размер „под ключ"		$H \approx 0{,}8d$	$D \approx$	$D_1 \approx$	размер „под ключ"	
дюймы	*мм*				$S_{ном} = S_{наиб}$	$S_{наим}$				$S_{ном} = S_{наиб}$	$S_{наим}$
—	2,6	2,6	5,8	4,8	5	4,8	—	—	—	—	—
—	3	3	6,9	5,8	6	5,8	—	—	—	—	—
—	4	4	9,2	7,8	8	7,8	—	—	—	—	—
—	5	4,5	10,4	8,8	9	8,8	—	—	—	—	—
(1/4")	6	5	12,7	10,5	11	10,8	5	12,7	10,5	11	10,6
(5/16")	8	6,5	16,2	13,5	14	13,8	6,5	16,2	13,5	14	13,5
(3/8")	10	8	19,6	16,5	17	16,8	8	19,6	16,5	17	16,5
1/2"	12	10	25,4	21	22	21,75	10	25,4	21	22	21,4
—	14	11,5	25,4	21	22	21,75	11	25,4	21	22	21,4
5/8"	16	13	31,2	26	27	26,75	13	31,2	26	27	26,4
—	18	14,5	36,9	31	32	31,7	14,5	36,9	31	32	31,4
3/4"	20	16	36,9	31	32	31,7	16	36,9	31	32	31,4
7/8"	22	18	41,6	34	36	35,7	18	41,6	34	36	35,2
—	24	20	41,6	34	36	35,7	20	41,6	34	36	35,2
1"	27	22 [1])	47,3	39	41	40,7	22 [1])	47,3	39	41	40,2
1 1/8"	30	25 [2])	53,1	44	46	45,7	25 [2])	53,1	44	46	45,2
1 1/4"	—	25	57,7	48	50	49,7	25	57,7	48	50	49,2
—	36	28	63,5	53	55	54,6	28	63,5	53	55	54,0
1 1/2"	—	30	69,3	57	60	59,6	30	69,3	57	60	59,0
—	42	32	75	62	65	64,6	32	75	62	65	64,0
1 3/4"	—	35	80,8	67	70	69,6	35	80,8	67	70	69,0
—	48	38	86,5	72	75	74,6	38	86,5	72	75	74,0
2"	—	40	92,4	77	80	79,6	40	92,4	77	80	79,0

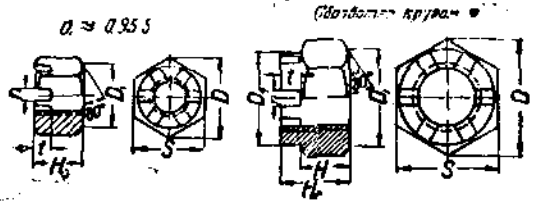
Резьба по ОСТ 32 и 1260.

Материал — сталь.

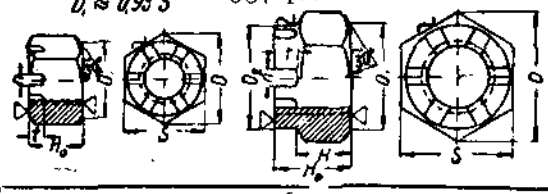
Для гаек с дюймовой резьбой вместо размеров, помеченных значком [1]) принимать число 20, значком [2]) — число 22.

Гайки чистые и получистые шестигранные корончатые (по ОСТ 1750, 1751, 1752, 1753).

Гайки чистые шестигранные корончатые для болтов с метрической резьбой по ОСТ 1750 и для болтов с дюймовой резьбой по ОСТ 1751.



Гайки получистые шестигранные корончатые для болтов с метрической резьбой по ОСТ 1752 и для болтов с дюймовой резьбой по ОСТ 1753



Гайки чистые и получистые для болтов с метрической резьбой по ОСТ 1750 и 1752.

мм

Общие размеры									Для чистых гаек по ОСТ 1750		Для получистых гаек по ОСТ 1752	
									Размер „под ключ"		Размер „под ключ"	
Диаметр болта	H_0	H	D	D_2	n	t	Число прорезей	Шплинт	$S_{ном} = S_{наиб}$	$S_{наим}$	$S_{н\ м} = S_{наиб}$	$S_{наим}$
4	6	—	9,2	—	1,2	2,5	6	1 × 12	8	7,8	8	7,6
5	7	—	10,4	—	1,2	2,5		1 × 12	9	8,8	9	8,6
6	8	—	12,7	—	2	3		1,5 × 15	11	10,8	11	10,6
8	10	—	16,2	—	2,5	3,5		2 × 20	14	13,8	14	13,5
10	12	—	19,6	—	2,5	4		2 × 25	17	16,8	17	16,5
12	15	10	25,4	20	3,5	5		3 × 30	22	21,75	22	21,4
14	16,5	11,5	25,4	20	3,5	5		3 × 30	22	21,75	22	21,4
16	19	13	31,2	2	4,5	6		4 × 35	27	26,75	27	26,4
18	20,5	14,5	36,9	30	4,5	6		4 × 40	32	31,7	32	31,4
20	22	16	36,9	30	4,5	6		4 × 40	32	31,7	32	31,4
22	25	18	41,6	34	6	7		5 × 45	36	35,7	36	35,2
24	27	20	41,6	34	6	7		5 × 45	36	35,7	36	35,2
27	30	22	47,3	38	6	8		5 × 50	41	40,7	41	40,2
30	34	25	53,1	42	7	9		6 × 60	46	45,7	46	45,2
36	38	28	63,5	50	7	10	10	6 × 70	55	54,6	55	54,0
42	44	32	75	57	9	12		8 × 80	65	64,6	65	64,0
48	50	38	86,5	65	9	12		8 × 90	75	74,6	75	74,0

Гайки чистые и получистые для болтов с дюймовой резьбой по ОСТ 1751 и 1753.

мм

Общие размеры									Для чистых гаек по ОСТ 1751		Для получистых гаек по ОСТ 1753	
									Размер „под ключ"		Размер „под ключ"	
Диам. болта дюймы	H_0	H	D	D_2	n	t	Число прорезей	Шплинт	$S_{ном} = S_{наиб}$	$S_{наим}$	$S_{ном} = S_{наиб}$	$S_{наим}$
1/4"	8	—	12,7	—	2	3	6	1,5 × 15	11	10,8	11	10,6
5/16"	10	—	16,2	—	2,5	3,5		2 × 20	14	13,8	14	13,5
3/8"	12	—	19,6	—	3	4		2,5 × 25	17	16,8	17	16,5
1/2"	15	10	25,4	20	3,5	5		3 × 30	22	21,75	22	21,4
5/8"	19	13	31,2	25	4,5	6		4 × 35	27	26,75	27	26,4
3/4"	22	16	36,9	30	4,5	6		4 × 40	32	31,7	32	31,4
7/8"	25	18	41,6	34	6	7		5 × 45	36	35,7	36	35,2
1"	28	20	47,	38	6	8		5 × 50	41	40,7	41	40,2
1 1/8"	32	22	53,1	42	7	9		6 × 60	46	45,7	46	45,2
1 1/4"	35	25	57,7	4[illegible]	7	10		6 × 60	50	49,7	50	49,2
1 1/2"	42	30	69,3	55	9	12	10	8 × 70	60	59,6	60	59,0
1 3/4"	48	35	80,8	62	9	12		8 × 80	70	69,6	70	69,0
2"	52	40	92,4	70	9	12		8 × 90	80	79,6	80	79,0

Резьба метрическая по ОСТ 94 и 32, дюймовая по ОСТ 1260.

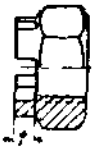
Размеры „под ключ" по ОСТ 95а см. стр. 514—515.

Шплинты по ОСТ 150, см. стр. 512.

Размер H_0 наименьший допустимый.

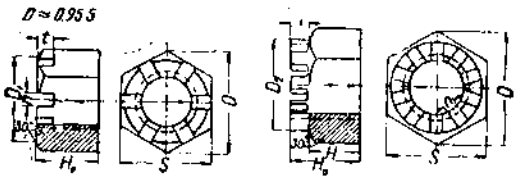
Допускается выполнение гайки с рассверливанием лорошки на глубину t (см. черт. справа).

Материал — сталь.



Гайки черные шестигранные корончатые (по ОСТ 1754, 1755).

Для болтов с метрической резьбой по ОСТ 1754 и для болтов с дюймовой резьбой по ОСТ 1755

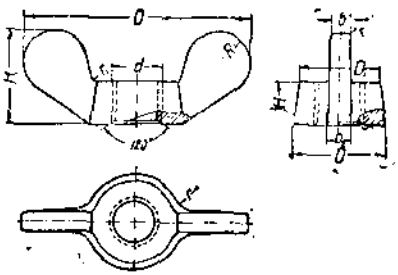


мм

Диаметр болта *мм*	Диам. болта дюймы	Размер „под ключ" $S_{ном} = S_{наиб}$	Размер „под ключ" $S_{наим}$	H_0	H	$D \approx$	D_2	n	t	Число прорезей	Шплинт
6	1/4″	11	10,6	8	—	12,7	—	2	3	6	1,5 × 15
8	5/16″	14	13,5	10	—	16,2	—	2,5	3,5		2 × 20
10	—	17	16,5	12	—	19,6	—	2,5	4		2 × 25
—	3/8″							3			2,5 × 20
12	1/2″	22	21,4	15	—	25,4	—	3,5	5		3 × 30
14	—			16,5							
16	5/8″	27	26,4	19	—	31,2	—	4,5	6		4 × 35
18	—	32	31,4	20,5	—	36,9	—	4,5	6		4 × 40
20	3/4″			22							
22	7/8″	36	35,2	25	—	41,6	—	6	7		5 × 45
24	—			27							
—	1″	41	40,2	28	—	47,3	—	6	8		5 × 50
27	—			30							
—	1 1/8″	46	45,2	32	—	53,1	—	7	9		6 × 60
30	—			34							
—	1 1/4″	50	49,2	35	—	57,7	—	7	10		
36	—	55	54	38	28	63,5	50	7	10	10	6 × 70
—	1 1/2″	60	59	42	30	69,3	55	9	12		8 × 70
42	—	65	64	44	32	75	57				8 × 80
—	1 3/4″	70	69	48	35	80,8	62				
48	—	75	74	50	38	86,5	65				8 × 90
—	2″	80	79	52	40	92,4	70				

Резьба по ОСТ 32 и 1260.
Размеры „под ключ" по ОСТ 95а, см. стр. 514—515
Шплинты по ОСТ 150 см. стр. 512.
Допускается получение прорезей штампованием.
Размер H_0 наименьший допустимый.
Материал — сталь.

Гайки-барашки
(по ОСТ 2070—2071).



Гайки-барашки по ОСТ 2070 для болтов с метрической резьбой и по ОСТ 2071 для болтов с дюймовой резьбой.

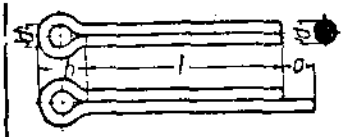
мм

d мм	4	5	6	8	10	12	16	20	—	24
d дюймы	—	—	1/4"	5/16"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"
D	8	10	12	15	18	22	30	35	40	45
D_1	7	8	10	13	15	19	26	30	34	38
D_2	24	28	32	40	48	58	72	84	96	108
H	4	5	6	8	10	12	4	16	18	20
H_1	10	12	14	18	22	27	32	38	42	48
$R \approx$	4	5	5,5	6	7	8,5	10	11,5	13	15
b_1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	6	7	8	9
b_2	2	2,5	3	3,5	4	5	7	8	10	11
r	2	2,5	3	4	4,5	5	7	9	10	11
r_1	—	—	—	—	1	1	1	1,5	2	2,5

Резьба по ОСТ 32, 94 и 1260.

Материал — сталь, ковкий чугун и в исключ. случ. — бронза и латунь.

Шплинты разводные проволочные
(по ОСТ 150).



Для диаметров до 2,5 *мм* включительно

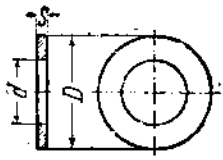
Для диаметров начиная с 3 *мм* и выше.

мм

Условный диаметр шплинта (диаметр отверстия)	1	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12
d	0,8	1,3	1,8	2,2	2,7	3,6	4,6	5,6	7,5	9,5	11,5
h	2	3	4	5	6	8	10	12	16	20	24
a	—	—	—	—	4	5	5	6	7	8	10
L	6	8	12	15	15	20	30	35	45	60	80
	8	10	15	20	20	25	35	40	50	70	90
	10	12	20	25	25	30	40	45	60	80	100
	12	15	25	30	30	35	45	50	70	90	120
		20	30		35	40	50	60	80	100	140
					40	45	60	70	90	120	160
						50	70	80	100		

Материал — железо или латунь.

Шайбы черные под шестигранные гайки
(по ОСТ 148—149).



мм

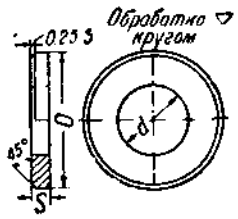
Шайбы под гайки с метрической резьбой ОСТ 148

Диаметр болта *мм*	*D*	*d*	*s*
6	16	7	1,5
8	18	9	1,5
10	22	11	2
12	28	14	2
14	28	16	3
16	34	18	3
18	40	20	3
20	40	22	4
22	46	24	4
24	46	26	4
27	52	29	5
30	56	33	5
36	68	39	6
42	80	45	6
48	90	51	6

Шайбы под гайки с дюймовой резьбой ОСТ 149

Диаметр болта дюймы	*D*	*d*	*s*
1/4″	16	8	1,5
5/16″	18	9	1,5
3/8″	22	11	2
1/2″	28	14	2
5/8″	34	18	3
3/4″	40	22	3
7/8″	46	24	4
1″	52	28	4
1 1/8″	56	31	5
1 1/4″	62	34	5
1 1/2″	75	41	6
1 3/4″	85	43	8
2″	100	55	8

Шайбы чистые под шестигранные гайки
(по ОСТ 1756).

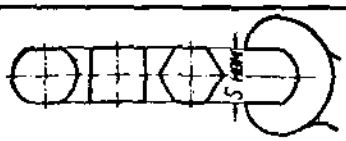


мм

Диаметры болтов		Размеры шайб		
дюймы	*мм*	*D*	*d*	*s*
	2,6	7	2,8	0,5
	3	8	3,2	0,5
	4	10	4,3	0,8
	5	12	5,5	1
	6	14	6,5	1,5
1/4″		16	7	1,5
5/16″	8	18	8,5	1,5
3/8″		22	10	2
	10	22	10,5	2
	12	28	12,5	2
1/2″		28	13,5	2
	14	28	14,5	3
5/8″	16	34	16,5	3
	18	40	19	3
3/4″		40	20	3
	20	40	21	4
7/8″	22	46	23	4
	24	46	25	4
1″		52	27	4
	27	52	28	5
1 1/8″		56	30	5
	30	56	31	5
1 1/4″		62	33	5
	36	68	38	6
1 1/2″		75	40	6
	42	80	44	6
1 3/4″		85	46	8
	48	90	50	8
2″		100	53	8

Материал — сталь.

Зев ключа и размер „под ключ"
(по ОСТ 95-а и 95-б) [1]



Номинальный размер S	Зев ключа		Размер „под ключ"		
	наибольший	наименьший	наибольший	наименьший	
				чистых изделий	черных изделий
5	5,2	5,1	5	4,8	—
6	6,2	6,1	6	5,8	—
7	7,2	7,1	7	6,8	—
8	8,2	8,1	8	7,8	7,6
9	9,2	9,1	9	8,8	8,6
(10)	10,2	10,1	10	9,8	9,6
11	11,3	11,1	11	10,8	10,6
(12)	12,3	12,1	12	11,8	11,6
14	14,3	14,1	14	13,8	13,5
17	17,3	17,1	17	16,8	16,5
19	19,3	19,1	19	18,75	18,5
22	22,4	22,2	22	21,75	21,4
(24)	24,4	24,2	24	23,75	23,4
27	27,4	27,2	27	26,75	26,4
(30)	30,4	30,2	30	29,75	29,4
32	32,4	32,2	32	31,7	31,4
36	36,5	36,2	36	35,7	35,2
41	41,5	41,2	41	40,7	40,2
46	46,5	46,2	46	45,7	45,2
50	50,5	50,2	50	49,7	49,2
55	55,6	55,3	55	54,6	54,0
60	60,6	60,3	60	59,6	59,0
65	65,6	65,3	65	64,6	64,0
70	70,6	70,3	70	69,6	69,0
75	75,6	75,3	75	74,6	74,0
80	80,6	80,3	80	79,6	79,0
85	85,8	85,4	85	84,4	83,8
90	90,8	90,4	90	89,4	88,8
95	95,3	95,4	95	94,4	93,8
100	100,8	100,4	100	99,4	98,8
105	105,8	105,4	105	104,4	103,6
110	110,8	110,4	110	109,4	108,6
115	115,8	115,4	115	114,4	113,6
120	120,8	120,4	120	119,4	118,6
125	125,8	125,4	125	124,4	123,6
130	131,0	130,4	130	129,2	128,4
135	136,0	135,4	135	134,2	133,4

[1] *ОСТ 95-а для величин S от 5 до 80 мм включ., ОСТ 95-б для величин S от 85 до 350 мм включ.*

Номинальный размер S	Зев ключа		Размер „под ключ"		
	наибольший	наименьший	наибольший	наименьший	
				чистых изделий	черных изделий
140	141,0	140,4	140	139,2	138,4
145	146,0	145,4	145	141,2	143,4
150	151,0	150,4	150	149,2	148,4
155	156,0	155,4	155	154,2	
160	161,0	160,4	160	159,2	
165	166,0	165,4	165	164,2	
170	171,0	170,4	170	169,2	
175	176,0	175,4	175	174,2	
180	181,2	182,4	180	179,0	
185	186,2	185,4	185	184,0	
190	191,2	190,4	190	189,0	
200	201,2	200,4	200	199,0	
210	211,2	210,4	210	209,0	
220	221,2	220,4	220	219,0	
230	231,2	230,4	230	229,0	
240	241,2	240,4	240	239,0	
250	251,2	250,4	250	249,0	

Размеров, поставленных в скобки, по возможности не применять.

2. ЗАКЛЕПКИ.

1. Расчет заклепочных швов.

Ниже на стр. 517—522 помещены таблицы нормальных размеров заклепок по ОСТ. При ориентировочных расчетах заклепочных соединений можно для железных конструкций диаметр заклепки определять по формуле: $d = 2s$, где s — толщина стенки фасонного железа (при толщине $s = 6 - 13$ *мм*). В котельном деле диаметр непоставленных заклепок в зависимости от толщины s листов можно принимать из помещенной ниже таблички (применительно к ∅ заклепок по ОСТ).

Диаметр непоставленных заклепок.

s	5—6	6—8	8—12	11—14	14—18
d	9,5	13,5	16,5	19	22
s	22—26	27—30	30—34	35—37	38—41
d	28	31	34	37	41

Расстояние между заклепками (шаг) t не должно быть меньше $2d$, так как иначе заклепку невозможно поставить. Обыкновенно при склепывании железных конструкций шаг $t = 3d + 0{,}5$ *см*, не менее $2{,}5d$ и

не более $12d$. При ориентировочной проверке прочности заклепочного соединения в железных конструкциях можно пользоваться следующими формулами:

1. Проверка прочности склепываемого материала: $P = b \cdot s \cdot R_z$ где b — *ширина материала* (в перпендикулярном направлении к действию растягивающего усилия P) за вычетом диаметров отверстий под заклепки, s — *толщина материала*, R_z — допустимое напряжение на растяжение.

2. *Проверка прочности заклепок на срез:* $P = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot n \cdot a \cdot R_s$, где d — диаметр заклепки, n — число заклепок, a — число поверхностей среза заклепки, R_s — допустимое напряжение на срез (сдвиг) ($R_s = 0{,}75\ R_z$).

3. *Проверка на смятие:* $P = d \cdot s \cdot n \cdot R_{см}$, где $R_{см}$ — допустимое напряжение на смятие ($R_{см} = 1{,}5 R_z$).

Выбор длины заклепки. При выборе l следует иметь в виду, что стержень заклепки перед расклепыванием должен выдаваться из склепываемых деталей на 1,3 — 1,6 d (рис. 143), чтобы можно было после расклепывания получить головку заклепки правильной формы. Совершенно правильный выбор длины заклепки можно произвести лишь опытным путем, так как l зависит от зазора между стенками отверстия и стержнем заклепки, формы головки, толщины склепываемых листов и пр. Приближенно $l = as + b$, где l — длина заклепки от внутреннего торца головки до конца стержня в *мм*, s — толщина соединяемых листов в *мм*, a и b — коэфициенты, зависящие от формы головки и диаметров стержня заклепки и отверстия под заклепку; значения a и b приведены ниже. Эти значения a и b пригодны лишь для размеров головок заклепок, упомянутых на стр. 519 (по ОСТ 301) и для отверстий под заклепку, диаметры которых указаны ниже (см. ОСТ 301).

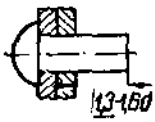


Рис. 143.

Коэфициенты для определения длины заклепки для заклепок с полукруглыми головками.

∅ заклепки *мм*		9,5	11,5	13,5	16,5	19	22	25	28	31	34	37
∅ отверстия *мм*		10	12	14	17	20	23	26	29	32	35	38
Коэфициенты	a	1,24	1,19	1,18	1,2	1,27	1,23	1,20	1,20	1,16	1,15	1,14
	b	12	16	18	20	24	28	32	35	40	44	47

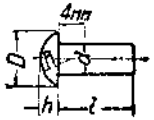
Заклепки диаметром меньше 8 *мм* расклепываются в холодном состоянии.

2. Нормализация заклепок.

Обзор стандартов по ОСТ.

Заклепки с полукруглой головкой по ОСТ 184 (см. стр. 518) диаметром от 2,6 до 8 *мм*	Заклепки с потайной головкой. по ОСТ 185 (см. стр. 518) диаметром от 4 до 8 *мм*	Заклепки для жестянников по ОСТ 186 диаметром от 2 до 7 *мм*
Заклепки бондарные (плоские) по ОСТ 187 диаметром от 2,6 до 6 *мм*	Заклепки с полукруглой головкой по ОСТ 301 (см. стр. 519) диаметром от 9,5 до 37 *мм*	Заклепки с потайной головкой по ОСТ 302 (см. стр. 520) диаметром от 9,5 до 37 *мм*
Заклепки с полупотайной головкой по ОСТ 303 (см. стр. 521) диаметром от 9,5 до 37 *мм*	Заклепки с бочкообразной головкой (для судостроения) по ОСТ 304 диаметром от 13,5 до 34 *мм*	Заклепки с бочкообразной головкой и коническим подголовком (для судостроения) по ОСТ 305 диаметром от 16,5 до 34 *мм*

Заклепки с полукруглой головкой
(по ОСТ 184).

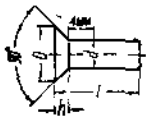


мм

Диаметр непоставленной заклепки d . .	2,6	3	3,5	4	5	6	7	8
Размеры головок D . . .	4,8	5,5	6,4	7,4	9,2	11	12,8	14,5
Размеры головок h	1,6	1,8	2,1	2,4	3	3,6	4,2	4,8
Размеры головок R	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8
Диаметр отверстий под заклепку (рекомендуемый) . . .	—	—	—	—	—	6,5	7,5	8,5
Длина заклепки l	5	6	8	8	10	10	14	16
	6	8	10	10	12	12	16	18
	8	10	12	12	14	14	18	20
	10	12	14	14	16	16	20	22
	12	14	16	16	18	18	22	24
				18	20	20	24	26
				20	22	22	26	28
					24	24	28	30
					26	26	30	32
						28	32	35
						30	35	40
						32	40	45
						35		50
						40		60
								70

Материал — железо (сталь).

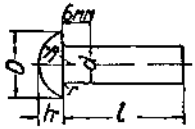
Заклепки с потайной головкой
(по ОСТ 185).



мм

Диаметр непоставленной заклепки d	4	5	6	7	8
Размеры головок D	7,2	9	10,8	12,6	14,4
Размеры головок h	1,6	2	2,4	2,8	3,2
Диаметр отверстий под заклепку (рекомендуемый) .	—	—	6,5	7,5	8,5
Длина заклепки l	10	12	14	16	16
	12	14	16	18	18
	14	16	18	20	20
	16	18	20	22	22
	18	20	22	24	24
	20	22	24	26	26
	22	24	26	28	28
		26	28	30	30
		28	30	32	32
		30	32	35	35
		32	35	40	40
					45
					50
					55

Заклепки с полукруглой головкой
(по ОСТ 301).



мм

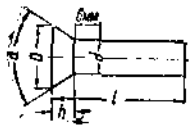
Диаметр непоставленной заклепки d	9,5	11,5	13,5	16,5	19	22	25	28	31	34	37
Допустим. отклонение в диаметре заклепки d — наиб.	9,6	11,6	13,6	16,6	19,4	22,4	25,4	28,4	31,4	34,4	37,4
Допустим. отклонение в диаметре заклепки d — наим.	9,3	11,3	13,3	16,3	18,9	21,9	24,9	27,9	30,9	33,6	36,6
Размеры головки — D	17	21	24	29	34	39	44	50	55	60	65
Размеры головки — h	6	8	9	10	12	14	16	18	20	22	24
Размеры головки — R	9	11	12,5	15,5	18	20,5	23	26	29	32	34
Размеры головки — $r \leqq$	0	0,5	0,5	1	1	1	1	1,5	1,5	1,5	1,5
Диаметр отверстия под заклепку	10	1[illegible]	14	17	20	23	26	29	32	35	38
Длина заклепки l	16	22	22	22	22	38	52	60	65	70	75
	18	24	24	24	24	40	55	65	70	75	80
	20	26	26	26	26	42	58	70	75	80	85
	22	28	28	28	28	45	60	75	80	85	90
	24	30	30	30	30	48	65	80	85	90	95
	26	32	32	32	32	50	70	85	90	95	100
	28	35	35	35	35	52	75	90	95	100	110
	30	38	38	38	38	55	80	95	100	110	120
	32	40	40	40	40	58	85	100	110	120	130
	35	42	42	42	42	60	90	110	120	130	140
	38	45	45	45	45	65	95	120	130	140	150
	40	48	48	48	48	70	100	130	140	150	160
	42	50	50	50	50	75	110	140	150	160	170
	45	52	52	52	52	80	120	150	160	170	180
	48	55	55	55	55	85	130	160	170	180	190
	50	58	58	58	58	90	140	170	180	190	200
	52	60	60	60	60	95	150	180		200	
	55	65	65	65	65	100	160				
	58	70	70	70	70	110	170				
	60	75	75	75	75	120	180				
	65	80	80	80	80	130					
	70	85	85	85	85	140					
	75		90	90	90	150					
	80		95	95	95	160					
	85		100	100	100	170					
					110	180					
					120						
					130						
					140						
					150						

В случае крайней необходимости применять заклепки, длины которых не содержатся в данной таблице, рекомендуется для заклепок длиной до 100 *мм* включительно выбирать длины из ряда целых чисел с окончанием на 2, 5 и 8, а для заклепок с длиной свыше [illegible] *мм* — с окончанием на 5 и 0.

Примечание. См. ОСТ. 303 стр. 521.

Заклепки с потайной головкой

(по ОСТ 302).



мм

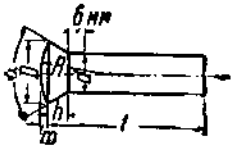
Диаметр не поставленной заклепки d		9,5	11,5	13,5	16,5	19	22	25	28	31	34	37
Размеры головки	α	75°			60°				45°			
	D	15,2	18,5	22	25	30	35	39,5	39,6	44	48	52,5
	h	3,8	4,6	5,4	7,5	9,5	11	12,5	14	15,5	17	18,5
Диаметр отверст. под заклепку . .		10	12	14	17	20	23	26	29	32	35	38
Длина заклепки l		26	26	26	26	48	55	60	75	80	85	90
		28	28	28	28	50	58	65	80	85	90	95
		30	30	30	30	52	60	70	85	90	95	100
		32	32	32	32	55	65	75	90	95	100	110
		35	35	35	35	58	70	80	95	100	110	120
		38	38	38	38	60	75	85	100	110	120	130
		40	40	40	40	65	80	90	110	120	130	140
		42	42	42	42	70	85	95	120	130	140	150
		45	45	45	45	75	90	100	130	140	150	160
		48	48	48	48	80	95	110	140	150	160	170
		50	50	50	50	85	100	120	150	160	170	180
		52	52	52	52	90	110	130	160	170	180	190
		55	55	55	55	95	120	140	170	180	190	200
		58	58	58	58	100	130	150	180		200	
		60	60	60	60	110	140	160				
		65	65	65	65	120	150	170				
		70	70	70	70	130	160	180				
		75	75	75	75	140	170					
				80	80	150	180					
				85	85							
				90	90							
				95	95							
				100	100							

В случае крайней необходимости применять заклепки, длины которых не содержатся в данной таблице, рекомендуется для заклепок длиной до 100 *мм* включительно выбирать длины из ряда целых чисел с окончанием на 2, 5 и 8, а для заклепок длиной свыше 100 *мм* — с окончанием на 5 и 0.

Примечание. См. ОСТ 303, стр. 521.

Заклепки с полупотайной головкой

(по ОСТ 303).



Диаметр непоставленной заклепки d		9,5	11,5	13,5	16,5	19	22	25	28	31	34	37
Размеры головки	α	75°			60°				45°			
	D	15,2	18,5	22	25,0	30	35	39,5	39,5	41	48	52,5
	h	3,8	4,6	5,4	7,5	9,5	11	12,5	14	15,5	17	18,5
	m	1,7	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5
	$R\approx$	18	22	25	28	34	40	48	42	46	50	56
Диаметр отверстия под заклепку		10	12	14	17	20	23	26	29	32	35	38
Длина заклепки l		18	18	18	24	28	40	45	58	65	85	90
		20	20	20	26	30	42	48	60	70	90	95
		22	22	22	28	32	45	50	65	75	95	100
		24	24	24	30	35	48	52	70	80	100	110
		26	26	26	32	38	50	55	75	85	110	120
		28	28	28	35	40	52	58	80	90	110	130
		30	30	30	38	42	55	60	85	95	130	140
		32	32	32	40	45	58	65	90	100	140	150
		35	35	35	42	48	60	70	95	110	150	160
В случае крайней необходимости применять заклепки, длины которых не содержатся в данной таблице, рекомендуется для заклепок длиной до 100 *мм* включительно выбирать длины из ряда целых чисел с окончанием на 2, 5 и 8, а для заклепок длиной свыше 100 *мм* — с окончанием на 5 и 0.		38	38	38	45	50	65	75	100	120	160	170
		40	40	40	48	52	70	80	110	130	170	180
		42	42	42	50	55	75	85	120	140	180	190
		45	45	45	52	58	80	90	130	150	190	200
		48	48	48	55	60	85	95	140	160	200	
		50	50	50	58	65	90	100	150	170		
		52	52	52	60	70	95	110	160	180		
		55	55	55	65	75	100	120	170			
		58	58	58	70	80	110	130	180			
		60	60	60	75	85	120	140				
		65	65	65	80	90	130	150				
		70	70	70	85	95	140	160				
		75	75	75	90	100	150	170				
				80	95	110	160	180				
				85	100	120	170					
				90		130	180					
				95		140						
				100		150						

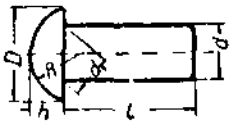
Материал — железо (сталь).

Конусность на стержне допускается на длине ≈ 50 *мм*, считая от конца стержня.

Допускаемые отклонения в диаметре заклепки см. ОСТ 301, стр. 519

Заклепки кольчугалюминиевые.

(по ОСТ 989).



мм

Диаметр непост. заклепки	d		2,6	3	3,5	4	5	6	7	8
Размеры головки	D	4,25	5	5,8	6,6	7,4	9	10,6	12.2	13,8
	h	1,2	1,5	1.85	2,18	2,5	3,15	3,8	4,45	5,10
	R	2,5	2,85	3,3	3,7	4,1	4,9	5,7	6,5	7,3
Допуски на диаметр стержня	Δd	+0,06 −0,05	+0,08 −0,05	+0,08 −0,05	+0,08 −0,09	+0,08 −0,08	+0,12 −0,08	+0,12 −0,12	+0,12 −0,12	+0,12 −0,12
Допуски на диаметр и эксцентричность головки		0,1	0,1	0,1	0,15	0,15	0,15	0,2	0,2	0,2
Длина заклепки l		4	5	6	8	9	12	14	16	18
		5	6	7	9	10	14	16	18	20
		6	7	8	10	12	16	18	20	22
		7	8	9	12	14	18	20	22	25
		8	9	10	14	16	20	22	25	30
		9	10	12	16	18	22	25	30	35
		10	12	14	18	20	25	30	35	40
			13							

Допуски на длину заклепки

Длина заклепки l *мм*	4—8	9—12	13 16	18—25	30—35	40
Допуск Δl на длину *мм*	±0,1	±0,15	±0,20	±0,30	±0,40	±0,50

Конусность $(d_1 - d)$ допускается в пределах допуска на диаметр.

8. ПРУЖИНЫ.

1. Расчет цилиндрических пружин.

Наиболее употребительными в машиностроении для растягивающих и сжимающих сил являются цилиндрические пружины, изготовляемые обычно навиванием проволоки на цилиндрическую оправку. Чаще всего применяют круглую проволоку, дающую наиболее экономное использование материала, однако пружины навивают также из квадратной, прямоугольной, овальной проволоки. Все же следует учитывать, что если принять для определенной нагрузки вес цилиндрической пружины из круглой проволоки за 1, то для тех же условий вес пружины из квадратной проволоки будет 1,6, для прямоугольной 1,6—1,9, для эллиптической проволоки от 1 до 2. Цилиндрические пружины, работающие на сжатие, изготовляются таким образом, чтобы крайние витки были закручены в сплошные кольца, наружная часть которых сошлифовывается, чтобы достичь по всей кольцевой поверхности хорошей опоры для пружины; сошлифовывание производится до 0,2 толщины проволоки. На рис. 144 заштрихованы витки, не принимающие участия в работе пружины (пружина по рис. 144 имеет 2,5 рабочих витка, всего же витков 4,5).

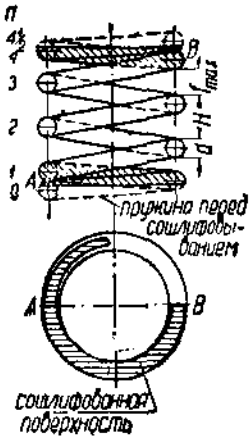


Рис. 144.

В ненагруженном состоянии концевые сошлифованные витки должны касаться рабочих витков в точках A и B (рис. 144). Сошлифовывается обычно 0,75 концевых витка.

Форма концевых витков пружин, работающих на растяжение, изображена на рис. 145 и 146.

Пружины, работающие на растяжение, имеют витки навитыми вплотную друг к другу, причем иногда им дают уже сначала некоторое начальное напряжение (рекомендуется около 15 $кг/мм^2$). Кроме ординарных пружин, формулы для расчета которых приведены ниже, применяют также двойные (рис. 147) и тройные пружины — в тех случаях, когда важна экономия места, так как для восприятия больших усилий ординарные пружины получаются более громоздкими, чем комбинированные, по образцу изображенной на рис. 147. Ниже приведены основные формулы для расчета цилиндрических ординарных пружин.

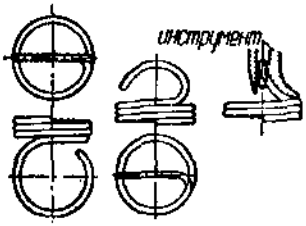


Рис. 145. Рис. 146.

Рис. 147.

В Германии имеется проект стандарта DIN E 2075 на размеры цилиндрических пружин (см. таблицу на стр. 524) [1]). Пружины, как правило, изготовляются с правой винтовой линией. Число рабочих вит-

[1]) Ряд диаметров проволоки пружин построен по закону геометрической прогрессии и взят из таблицы нормальных чисел; размеры, заключенные в скобки, следует по возможности не применять.

Размеры цилиндрических пружин
(по DIN E 2075).

Диаметр проволоки d *мм*	Отношение $\frac{D}{d}$						
0,2 (0,22) 0,25 (0,28) 0,32 (0,36) 0,4	—	—	—	8	10	12,5	16
0,5 (0,45) 0,63 (0,56) 0,8 (0,7) 1 (0,9)	—	—	6,3	8	10	12,5	—
1,25 (1,1) 1,6 (1,4) 2 (1,8) 2,5 (2,25)	—	5	6,3	8	10	—	—
3,2 (2,8) 4 (3,6) 5 (4,5) 6,3 (5,6)	4	5	6,3	8	10	—	—
8 (7) 10 (9) 12,5 (11) 16 (14)	4	5	6,3	8	—	—	—
20 (18) 25 (22,5) 32 (28) 40 (36)	4	5	6,3	—	—	—	—

ков пружин, работающих на сжатие, может быть выбрано из следующего ряда:

2,5; (3,5); 4,5; (6,5); 8,5; (11,5); 15,5.

Общее число витков таких пружин:

4,5; (5,5); 6,5; (8,5); 10,5; (13,5); 17,5.

Пружины с большим числом витков нуждаются в специальных обоймах во избежание выпучивания.

Шаг H пружин, работающих на сжатие, может быть определен по формуле:

$$\frac{H}{d} = 1 + \frac{\pi \cdot R_{кр}}{G}\left(\frac{D}{d}\right)^2.$$

$R_{кр}$ может быть принято в этом случае в 7000 *кг/см²*, $G = 750\,000$ *кг/см²*.

$$H = d + f_{max}$$

Шаг H *должен быть таким, чтобы при сжатой до упора пружине* ее напряжение на скручивание $\sigma_{кр}'$ не превысило бы максимального допустимого напряжения $R_{кр} = 7000$ *кг/см²*, т. е. чтобы пружина не могла *сломаться при работе*.

Напряжение на скручивание $\sigma_{кр}'$ в зависимости от размеров пружины и усилия P может быть определено по формуле: $\sigma_{кр}' = \frac{8}{\pi}\left(\frac{D}{d}\right)\frac{P}{d^2}$ в *кг/см²*, если d выражено в *см*.

Расчет цилиндрических пружин.

Форма цилиндрической пружины	Нагрузка P	Прогиб F в зависимости от числа рабочих витков n	Прогиб F всей пружины в зависимости от длины L
С круглым сечением	$P=\frac{\pi\cdot d^3}{8D}R_{кр}$	$F=\frac{8}{G}\cdot\frac{D^3}{d^4}P\cdot n=\frac{\pi\cdot R_{кр}}{G}\cdot\frac{D}{d}n$	$F=\frac{8}{\pi\cdot G}\cdot\frac{D^2}{d^4}P\cdot L=\frac{R_{кр}}{G}\cdot\frac{D}{d}L$
С квадратным сечением	$P=0{,}416\frac{c^3}{D}R_{кр}$	$F=\frac{5{,}594}{G}\cdot\frac{D^3}{c^4}P\cdot n=2{,}327\frac{R_{кр}}{G}\cdot\frac{D^2}{c}n$	$F=\frac{5{,}594}{\pi\cdot G}\cdot\frac{D^2}{c^4}P\cdot L=0{,}747\frac{R_{кр}}{G}\cdot\frac{D^2}{c}L$
С прямоугольным сечением	$P=\Delta'\frac{a\cdot b^2}{D}R_{кр}$	$F=\frac{\Delta\cdot x}{G}\cdot\frac{D^3}{a\cdot b^3}P\cdot n=\Delta\cdot\Delta'\cdot x\frac{R_{кр}}{G}\cdot\frac{D^2}{b}n$	$F=\frac{\Delta\cdot x}{\pi\cdot G}\cdot\frac{P\cdot L}{a\cdot b^3}D=\frac{\Delta\cdot\Delta'\cdot x}{\pi}\cdot\frac{R_{кр}}{G}\cdot\frac{D}{b}L$

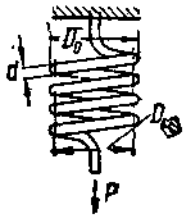
Для пружин с прямоугольным сечением (расположение его по отношению к оси пружины безразлично) коэфициенты $\Delta=\frac{n}{48\cdot k}$;

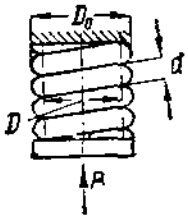
$$\Delta'=2k'\sqrt{\frac{a}{b}};\ x=1+\left(\frac{b}{a}\right)^2.$$

Величины k и k' в зависимости от отношения сторон $a:b$ можно брать из приведенной справа таблички.

$a:b$ $(a>b)$	k	k'
2	0,0238	0,174
5	0,0252	0,130
10	0,0260	0,099
50	0,0274	0,047

Цилиндрические пружины с круглым сечением проволоки.





Наружный диаметр пружины D_0 мм	Диаметр проволоки d в мм															
	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	9	10	12	15
	$\frac{P}{f}$ = Допустимая нагрузка в килограммах / Удлинение или сжатие одного витка пружины при действии на нее силы P															
10	1,750 / 1,36	6,200 / 0,8	15,2 / 0,35	32 / 0,38	60 / 0,28											
12	1,400 / 2,02	5,00 / 1,22	12,2 / 0,85	25 / 0,6	47 / 0,45	80 / 0,35										
15	1,100 / 3,3	3,9 / 2,05	9,5 / 1,4	19 / 1,05	35 / 0,8	58 / 0,64	90 / 0,52	135 / 0,41								
20	0,830 / 6	2,8 / 3,8	6,8 / 2,7	14 / 2,1	25 / 1,6	41 / 1,3	62 / 1,07	92 / 0,9	130 / 0,75	240 / 0,55						
25	0,630 / 9,6	2,25 / 6,2	5,3 / 4,4	10 / 3,5	19 / 2,7	31 / 2,2	46 / 1,85	68 / 1,56	97 / 1,35	180 / 1,1	295 / 0,78					
30	0,540 / 14	1,85 / 9	4,4 / 6,6	8,5 / 5	15,5 / 4	25,5 / 3,3	38 / 2,85	54 / 2,45	78 / 2,1	140 / 1,6	230 / 1,3	360 / 1,2				

35	0,460 / 19,5	1,55 / 11,6	3,7 / 9	7,5 / 7	13 / 5,5	21 / 4,8	32 / 4,1	45 / 3,5	65 / 3	115 / 2,35	190 / 1,9	295 / 1,55	430 / 1,25			
40	0,400 / 25,5	1,35 / 16,5	3,2 / 12	6,5 / 9,5	11,5 / 7,7	18,5 / 6,4	27,5 / 5,5	40 / 4,7	56 / 4,1	100 / 3,25	160 / 2,65	250 / 2,15	370 / 1,8	520 / 1,5	960 / 1,1	
45	0,350 / 34	1,2 / 21	2,8 / 15,5	5,5 / 12,5	10 / 9,8	16 / 8,2	24 / 7	35 / 6,3	49 / 5,4	87 / 4,25	140 / 3,5	215 / 2,9	315 / 2,4	450 / 2,05	820 / 1,5	1750 / 1
50	0,320 / 40	1,1 / 26	2,5 / 19	5 / 15	9 / 12,5	14,5 / 10,4	21,5 / 9	31 / 7,8	43 / 6,8	77 / 5,4	125 / 4,5	190 / 3,7	275 / 3,15	390 / 2,7	700 / 2,05	1500 / 1,35
60	0,265 / 58	0,9 / 38	2,1 / 28	4 / 22,5	7,5 / 18	12 / 15,3	18 / 13	25 / 11,5	35 / 10,4	63 / 8,1	100 / 6,7	150 / 5,7	225 / 4,9	315 / 4,2	500 / 3,25	1150 / 2,3
70	0,225 / 80	0,75 / 52	1,8 / 39	3,5 / 30	6,3 / 25	10 / 22	15 / 18	22 / 16	30 / 14	53 / 12,1	85 / 9,5	130 / 8	185 / 7	260 / 6	460 / 4,7	930 / 3,4
80	0,200 / 105	0,65 / 69	1,58 / 52	3 / 40	5,5 / 33	8,8 / 30	13 / 24,5	19 / 21,5	26 / 19	46 / 15	73 / 12,5	110 / 11	160 / 9,4	225 / 8,2	400 / 6,5	800 / 4,7
90	0,175 / 135	0,6 / 88	1,4 / 67	2,8 / 52	4,8 / 43	7,8 / 36	11,5 / 31	17 / 26,5	23 / 24	39 / 20	64 / 16,5	98 / 14	140 / 12,2	200 / 10,8	345 / 8,5	700 / 6,3
100		0,52 / 108	1,25 / 80	2,5 / 64	4,3 / 53	7 / 45	10,5 / 39	15 / 34	20,5 / 30	36 / 24,5	57 / 21	87 / 18	125 / 15,5	175 / 13,5	310 / 11	625 / 8,1
120		0,45 / 155	1,20 / 110	2 / 92	3,6 / 78	5,8 / 65	8,5 / 57	12 / 50	17 / 45	30 / 36	47 / 30	70 / 27	100 / 23	140 / 20,5	250 / 16,5	500 / 12,5
150		0,35 / 250	0,83 / 180	1,6 / 178	2,8 / 120	4,6 / 130	6,7 / 90	9,8 / 80	13,5 / 71	23,5 / 58	37 / 79	56 / 42	80 / 37	110 / 33	195 / 27	390 / 20,5

При составлении этой таблицы допустимое напряжение на скручивание $R_{кр}$ принято равным 4000 *кг/см²*, а модуль скольжения — 750000 *кг/см²* (пружины, изготовленные из хорошей пружинной стали, находящиеся под действием неизменной нагрузки, можно рассчитывать на бо́льшую величину $R_{кр} = 7000$ *кг/см²*). Если пружина находится под действием часто меняющейся нагрузки, как это имеет место в возвратно движущихся частях различных машин, то обычно при расчетах принимают не больше половины допускаемого здесь усилия. Таблица составлена по ф-лам:

$$P = \frac{\pi \cdot d^3 \cdot R_{кр}}{8D}, \qquad D = D_c - d \qquad F = \frac{8 \cdot n \cdot D^3 \cdot P}{d^4 \cdot G}, \qquad n = \text{число рабочих витков.}$$

Допуски на цилиндрические пружины. В проекте германского стандарта *предложены следующие допуски на цилиндрические пружины.*

1. Допуски на диаметр проволоки светлотянутой — в соответствии с имеющимися на этот счет нормалями; допуски на диаметр катанной проволоки:

∅ 5—10 *мм*	± 0,15 *мм*	∅ 21—30 *мм*	± 0,30 *мм*
„ 11—20 „	± 0,20 „	„ 31—40 „	± 0,40 „

2. Допуски на наружный диаметр пружины:

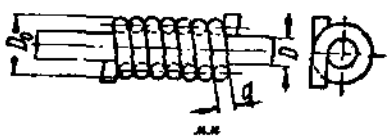
∅ 1,6 — 2,5 *мм*	± 0,10 *мм*	∅ 31,5— 40 *мм*	± 1,5 *мм*
„ 3,15 — 4 „	± 0,20 „	„ 50 — 63 „	± 2,0 „
„ 5 — 6,3 „	± 0,30 „	„ 80 —100 „	± 2,5 „
„ 8 —10 „	± 0,50 „	„ 125 —160 „	± 3,0 „
„ 12,5 —16 „	± 0,8 „	„ 200 —250 „	± 3,5 „
„ 20 —25 „	± 1,0 „		

3. Допуски на прямой угол между осью пружины и опорной поверхностью пружины: ось пружины, поставленной на свою опорную поверхность, не должна отклоняться больше, чем на 2 *мм*, на каждые 100 *мм* длины пружины от нормального к опорной поверхности положения. Обе опорные поверхности не должны отклоняться в одну сторону.

4. Допуск на усилие *P* пружины при приведении последней к ее номинальной длине: 8%.

5. Допуск на начальное напряжение (для пружин, работающих на растяжение, где начальное напряжение должно быть 15 *кг/мм²*) ± 15%.

Подбор диаметров оправок для навивания цилиндрических пружин



d	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10	Материал	Допуск на наг. т. оправки
D_0	*Диаметр оправки D*																		
1	0,7	0,5																серебрянка	± 0,1
2	1,6	1,5																	
3	2,4	2,2	2,1	2,1															
4	3	3	3	2,9	,8	2,7													± 0,2
5		3,3	3,6	3,6	3,6	3,5	3,2												
6			4,4	4,4	4,3	4,2	4,1	3,9											
8				6,7	5,9	5,8	5 8	5,6											± 0,35
10					7,3	7,3	7,3	7,3	6,6										
12						9	9,1	9	8,4	7,7	6,9								
15						11,8	11,8	11,8	11	10,5	9,7	8,8							
18								14,2	13,8	13,4	12,5	11,8							
20								16,1	15,8	15,3	14,4	13,7							± 0,4
22									17,6	17	16,1	15,4	13,5						
25									20,3	19,5	18,7	18	16 2					ст. C=0,6%	
30										23,1	23,2	22,5	20,8	19,4	17,6				
35										27,2	27,1	27,1	25,1	24,2	22,4	18,6			
40												31,3	30,1	29 1	27,4	23,8	19 6		± 0,6
45												35,5	34,6	33,1	31,6	28	24,2		

2. Расчет конических и параболических пружин.

Коническими пружинами называются такие винтовые пружины, которые образованы навиванием проволоки вокруг конуса (рис. 148). Параболические пружины (рис. 149) применяются иногда с целью экономии места по сравнению с коническими пружинами — витки заходят друг за друга внутрь пружины; при этом средние волокна витков, соединенные кривой, образуют параболу. Конические и параболические пружины менее экономны в отношении расхода материала по сравнению с цилиндрическими — для одинаковых условий работы конические пружины имеют в 1—2 раза больший вес, чем цилиндрические (в 2 раза больше при $D_1 = 0$, одинаковы по весу с цилиндрическими при $D_1 = D$).

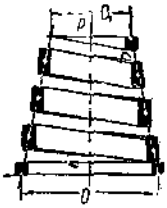


Рис. 148.

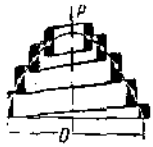
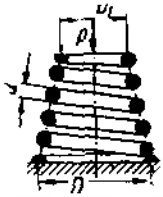


Рис. 149.

Форма пружины	Нагрузка P	Прогиб F всей пружины
С кругл. сеч. 	$P = 0{,}39257 \frac{d^3}{D} R_к$	Для конической пружины $F = \frac{8}{3\pi \cdot G} \cdot \frac{P \cdot L}{d^4} (D^2 + D_1^2 + DD_1)$ Для параболической пружины $F = \frac{4}{\pi \cdot G} \cdot \frac{P \cdot L}{d^4} (D^2 + D_1^2)$
С квадратн. сеч.	$P = 0{,}416 \frac{c^3}{D} R_{кр}$	Для конической пружины $F = \frac{5{,}594}{3\pi \cdot G} \cdot \frac{P \cdot L}{c^4} (D^2 + D_1^2 + DD_1)$ Для параболической пружины $F = \frac{2{,}797}{\pi \cdot G} \cdot \frac{P \cdot L}{c^4} (D^2 + D_1^2)$
С прямоугольным сечением [1]	$P = \Delta' \frac{a \cdot b^2}{D} R_{кр}$	Для конической пружины $F = \frac{\Delta}{3\pi G} \cdot \frac{P \cdot L(a + b^2)}{a^3 \cdot b^3} (D^2 + D_1^2 + DD_1)$ Для параболической пружины $F = \frac{\Delta}{2\pi \cdot b} \cdot \frac{P \cdot L(a^2 + b^2)}{a^3 \cdot b^3} (D^2 + D_1^2)$

[1]) О величинах Δ и Δ', см. стр. 525.

3. Расчет пружин, работающих на изгиб.

Два рода этих пружин — спиральные (рис. 150) и цилиндрические (рис. 151) — рассчитываются по формулам одного типа, приведенным ниже. В отношении экономии материала для этих пружин, работающих на изгиб (в противоположность пружинам, работающим на скручивание), выгоднее применять прямоугольное или квадратное сечение проволоки, чем круглое—материала расходуется при этом для одинаковых условий работы в 1,3 раза меньше, чем для круглого или овального сечения. В приведенных ниже формулах $M_{кр}$ обозначает крутящий момент, который должна скомпенсировать пружина, L — длина проволоки, из которой состоит пружина. Если в формулы вместо напряжения σ подставить допустимое напряжение на изгиб R_b (которое принимают для стальных пружин в 50—70 *кг/мм²*), то можно определить для заданного $M_{кр}$ размеры сечения пружины.

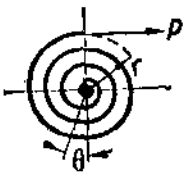


Рис. 150.

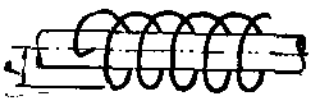


Рис. 151.

Сечение проволоки спиральной или цилиндрической пружины, работающей на изгиб	Напряжение σ пружины на 1 *мм²* при зажатых обоих концах пружины	Угол закручивания θ вследствие приложения крутящего момента $M_{кр}$
	$\sigma = \frac{32}{\pi} \cdot \frac{M_{кр}}{d^3}$	$\theta = \frac{64}{\pi} \cdot \frac{M_{кр} \cdot L}{E \cdot d^4} = 2 \frac{\sigma}{E} \cdot \frac{L}{d}$
	$\sigma = 6 \frac{M_{кр}}{c^3}$	$\theta = 12 \frac{M_{кр} \cdot L}{E \cdot c^4} = 2 \frac{\sigma}{E} \cdot \frac{L}{c}$
сторона a—параллельна оси, b — перпендикулярна оси	$\sigma = 6 \frac{M_{кр}}{a \cdot b^2}$	$\theta = 12 \frac{M_{кр} \cdot L}{E \cdot a \cdot b^3} = 2 \frac{\sigma}{E} \cdot \frac{L}{b}$

Расчет плоских листовых пружин.

Вид пружины	Нагрузка	Прогиб
Прямоугольная	$P=\frac{b\ h^2}{6}\cdot\frac{R_b}{l}$	$f=4\frac{l^3}{b\cdot h^3}\cdot\frac{P}{E}=$ $=\frac{2}{3}\cdot\frac{l^2}{h}\cdot\frac{R_b}{E}$
Треугольная	$P=\frac{b\cdot h^2}{6}\cdot\frac{R_b}{l}$	$f=6\frac{l^3}{b\cdot h^3}\cdot\frac{P}{E}=$ $=\frac{l^2}{h}\cdot\frac{R_b}{E}$

4. Модуль упругости, модуль сдвига и допустимые напряжения, принимаемые при расчете пружин.

Модуль упругости и модуль сдвига. Модуль упругости E для стали обычно принимается равным 20 000 *кг/мм²*, для бронзовой и латунной проволоки $E=8500$ *кг/мм²*. Модуль сдвига для стали обычно принимают $G=8000-7500$ *кг/мм²*. Для фортепианной проволоки из никелевой стали при ∅ менее 2 *мм* $G=7800-7900$ *кг/мм²*, при ∅ 2—6 *мм* $G=7800$ *кг/мм²*, при ∅ 6,5 — 10 *мм* $G=7700$ *кг/мм²*, при ∅ 11—13 *мм* $G=7600$ *кг/мм²*. Для закаленной пружинной стали ∅ 6—14 *мм* $G=7800$ *кг/мм²*, при ∅ 15—18 *мм* $G=7700$ *кг/мм²*, при ∅ 18 *мм* $G=7600$ *кг/мм²*; для проволоки того же качества, но квадратного или прямоугольного сечения принимают меньшие значения $G=7700-7500$ *кг/мм²*. Для латуни и специальной латуни $G=2400-4000$ *кг/мм²* для монель-металла $G=6000$ *кг/мм²*.

Наибольшее допустимое напряжение должно быть во всяком случае меньше предела упругости материала пружины. Для закаленных пружин из хромистой стали при проволоке диаметром менее 2 *мм* наибольшее допустимое напряжение $R_{кр}$ должно быть ни в коем случае не выше 80 *кг/мм²* при больших диаметрах.

В Америке иногда также руководствуются отношением K диаметра пружины (по оси витков) к диаметру проволоки: для ∅ меньше 9 *мм* принимают при $K=3$, $R_{кр}=80$ *кг/мм²*, при $K=8$, $R_{кр}=60$ *кг/мм²*; для ∅ 10—20 *мм* при $K=3$, $R_{кр}=77$ *кг/мм²*; при $K=8$, $R_{кр}=56$ *кг/мм²*; для ∅ 20—30 *мм* при $K=3$, $R_{кр}=74$ *кг/мм²*; при $K=8$, $R_{кр}=53$ *кг/мм²*;

для диаметров проволоки, больших 30 *мм*, $R_{кр}$ принимают не больше 70 *кг/мм²*.

Все вышеприведенные цифры относятся к спокойной нагрузке; для пружин, работающих при переменной нагрузке, допустимое напряжение следует снижать в 1,7—1,5 раза. Поэтому на практике для закаленных стальных пружин обычно принимают допустимое напряжение на скручивание $R_{кр}$ между 35 и 60 *кг/мм²*, допустимое напряжение на изгиб R_b — между 50 и 75 *кг/мм²*. Для незакаленных пружин $R_{кр} = 15-25$ *кг/мм²*, $R_b = 20-30$ *кг/мм²*.

Следует избегать слишком малых значений отношения диаметра пружины к диаметру проволоки; желательно, чтобы отношение наружного диаметра пружины к диаметру проволоки было не меньше 4; наиболее же употребительно отношение 5—8.

4. ШПОНКИ.

1. Расчет шпоночных соединений.

Расчет шпоночных соединений делается лишь для наиболее ответственных соединений; для обычных случаев достаточно надежно пользоваться данными таблиц на стр. 535—537, в которых указан для каждого диаметра вала необходимый размер шпонки.

Шпонки врезные — наиболее употребительные — могут быть проверены по формуле: $R_{см} = 78{,}5\,\frac{d^2}{l \cdot y}$, где $R_{см}$ — допустимое удельное давление (допустимое напряжение на смятие) в *кг/см²* на узкую грань шпонки, d — диаметр вала в *см*, l — длина шпонки в *см*, y — глубина шпоночной канавки на валу, измеренная по краю канавки в *см* [1]). Величина удельного давления $R_{см}$ может быть принята из помещенной ниже таблички.

Материал	$R_{см}$ *кг/см²*		
	Спокойная нагрузка	Меняющаяся нагрузка	Ударная нагрузка
Сталь углеродистая	900 — 1500	600 — 1000	300 — 500
„ никелевая . .	1000 — 1500	700 — 1000	350 — 500
Чугун	700 — 800	470 — 530	230 — 270

Проверку шпоночного соединения можно производить так же на удельное давление на втулку по шпоночному пазу по формуле: $R_{см} \leqq \frac{P}{l \cdot x}$, где P — сила, приложенная к наружному краю шпонки (находится по формуле $P = \frac{M_{кр}}{r}$, где $M_{кр}$ — крутящий момент, передаваемый соединением, r — расстояние наружного края шпонки от оси вала), и

[1]) Эта зависимость выведена из формулы для удельного давления на шпонку (на ее торцевую сторону), при чем силой трения здесь пренебрегается; $R_{см} = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot R_{кр}}{8\,l \cdot y}$; для $R_{кр}$ вала принято 200 *кг/см²*.

x — глубина шпоночной канавки во втулке, измеренная по ее краю. Величина $R_{см}$ может быть подобрана из помещенной выше таблички.

Шпонки на лыске обычно не проверяются расчетом; они применяются для передачи меньших усилий, чем врезные шпонки.

Шпонки фрикционные, подобно шпонкам на лыске, передают усилие исключительно благодаря силе трения между шпонкой и валом, так как шпонка заклинивается между валом и соответствующей втулкой; поэтому передаваемые этой шпонкой усилия значительно меньше, чем при применении врезной шпонки. Шпоночное соединение в этом случае может быть приближенно проверено на удельное давление между шпонкой и валом по формуле: $R_{см} \approx 260 \frac{d^2}{b \cdot l}$, где $R_{см}$ — удельное давление (допустимое напряжение на смятие) в *кг/см²*, d — диаметр вала в *см*, b — ширина шпонки в *см*, l — длина шпонки в *см*[1]). В предположении, что шпоночное соединение передает полностью все усилие, которое может передать вал и при не слишком широкой и длинной шпонке (при $b < 0{,}25\ d$ и $l < 1{,}25\ d$) удельное давление при стальных шпонке и вале может быть принято $\approx 500 - 600$ *кг/см²*.

Приблизительное представление о применимости отдельных видов клиновых шпонок для закрепления шкивов на валах можно составить по помещенной направо табличке, определяющей пределы применения шпонок на лыске и фрикционных в зависимости от диаметров и ширины шкивов.

мм

Тип шпонок	Ширина шкива			
	до 100	100—200	200—300	выше 300
	диаметр			
шпонки на лыске	до 800	до 630	—	—
шпонки фрикционные	до 1250	до 1000	до 800	—
шпонки клиновые	до 2000	до 2000	до 2000	до 2000

2. Нормализация шпонок.

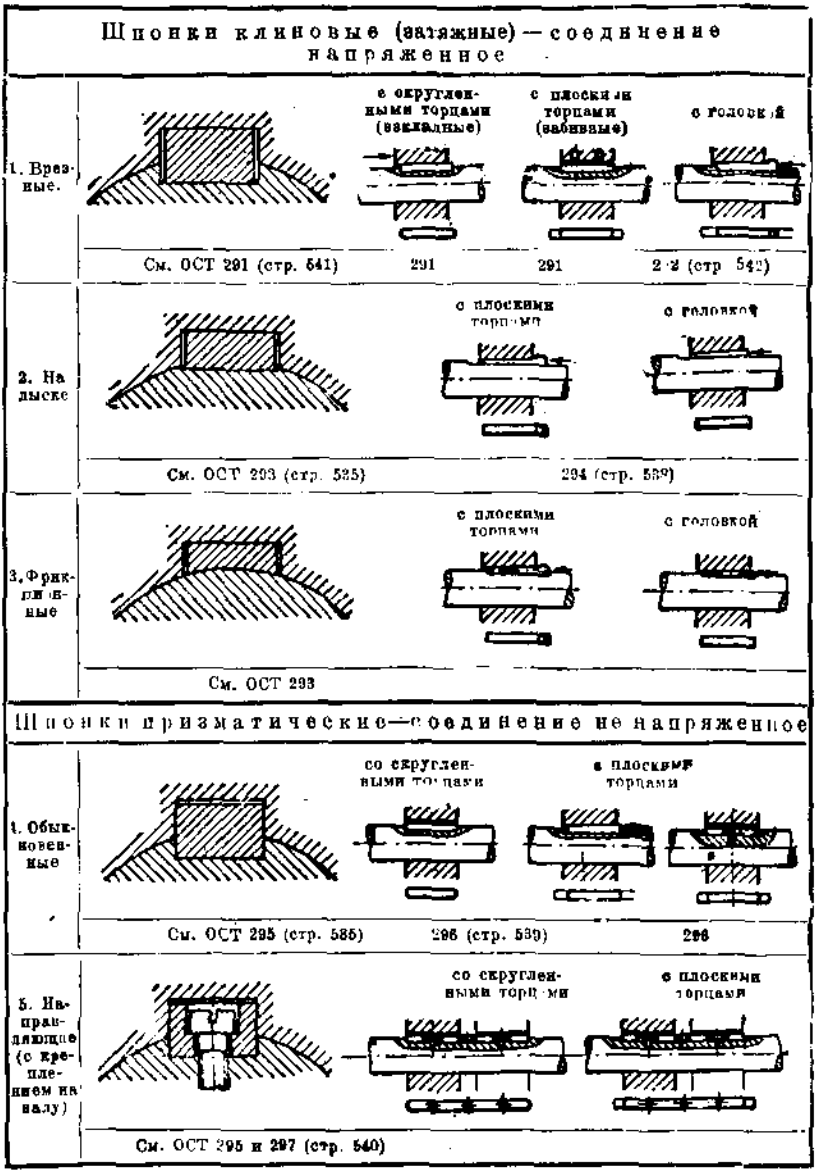
К октябрю 1932 г. были остированы следующие типы шпонок: 1) шпонки призматические, состоящие из а) обыкновенных — ОСТ 296, стр. 539 и б) направляющих — ОСТ 297, стр. 540; 2) шпонки клиновые, состоящие из а) врезных — ОСТ 291, стр. 541; б) врезных с головкой — ОСТ 292, стр. 542, и в) на лыске с головкой — ОСТ 294, стр. 538.[2]) Кроме того, для станкостроения выпущены следующие таблицы ОСТ: 4152 — шпонки призматические скользящие, 4153 — шпонки призматические направляющие, 4154 — шпонки призматические обыкновенные закладные. Обзор шпонок по ОСТ 289 — помещен ниже на стр. 534. Сечения шпонок и допуски для сечений приведены на стр. 536—537. Глубина паза в валу для шпонки определяется таблицей на стр. 535. Сталь для шпонок ОСТ 300, стр. 413. Шпонки Вудруфа, не нормализованные еще ОСТ, приведены по DIN 304 и 122, на стр. 543. Размеры тангенциальных шпонок, еще не нормализованных ОСТ, приведены на стр. 544 по нормам DIN.

---

[1]) Эта зависимость выведена из формулы: $R_{см} = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot R_{кр}}{16\ \mu \cdot b \cdot l}$, причем для $R_{кр}$ для вала принято 200 *кг/см²*, для коэфициента трения μ между валом и шпонкой — 0,15.

[2]) В Германии эти два вида шпонок — а) призматические и б) клиновые разделены даже различными терминами; в первом случае применяется термин „Feder", во втором — „Keil".

Типы шпонок
(по ОСТ 289).



Примечание. Указанные в чертежах зазоры утрированно выделяют нерабочие поверхности.

Глубина паза для шпонок (в *мм*).

Диаметры валов D *мм*	Шпонки клиновые врезные (по ОСТ 290).		Шпонки клиновые на лыске (по ОСТ 293).		Шпонки призматические (по ОСТ 255).	
	t	t_1	t	t_1	t	t_1
от 7 до 10	—	—	—	—	$D-2$	$D+1,2$
„ 11 „ 14	$(D-2,5)$ [1]	$(D+1,5)$ [1]	—	—	$D-2,5$	$D+1,7$
„ 15 „ 18	$D-3$	$D+2$	—	—	$D-3$	$D+2,2$
„ 19 „ 24	$D-3$	$D+2$	—	—	$D-3$	$D+2,2$
„ 25 „ 30	$D-3,5$	$D+2,5$	$D-1,5$	$D+2,5$	$D-3,5$	$D+2,7$
„ 32 „ 36	$D-4$	$D+3$	$D-1,5$	$D+3$	$D-4$	$D+3,3$
„ 37 „ 42	$D-4,5$	$D+3,5$	$D-1,5$	$D+3,5$	$D-4,5$	$D+3,8$
„ 44 „ 48	$D-5$	$D+4$	$D-1,5$	$D+4$	$D-5$	$D+4,3$
„ 50 „ 55	$D-5$	$D+5$	$D-1,5$	$D+5$	$D-5$	$D+5,3$
„ 58 „ 65	$D-5,5$	$D+5,5$	$D-1,5$	$D+5,5$	$D-5,5$	$D+5,8$
„ 68 „ 78	$D-6$	$D+6$	$D-2$	$D+6$	$D-6$	$D+6,3$
„ 80 „ 90	$D-7$	$D+7$	$D-2$	$D+7$	$D-7$	$D+7,3$
92 „ 105	$D-8$	$D+8$	$D-2$	$D+8$	$D-8$	$D+8,4$
„ 110 „ 120	$D-9$	$D+9$	$D-2$	$D+9$	$D-9$	$D+9,4$
125 „ 140	$D-10$	$D+10$	—	—	$D-10$	$D+10,4$
„ 145 „ 170	$D-11$	$D+11$	—	—	$D-11$	$D+11,4$
„ 175 „ 200	$D-12$	$D+12$	—	—	$D-12$	$D+12,4$
„ 210 „ 240	$D-13$	$D+13$	—	—	$D-13$	$D+13,5$
„ 250 „ 280	$D-16$	$D+16$	—	—	$D-16$	$D+16,5$
„ 290 „ 330	$D-18$	$D+18$	—	—	$D-18$	$D+18,5$
„ 340 „ 400	$D-20$	$D+20$	—	—	$D-20$	$D+20,5$
„ 410 „ 500	$D-25$	$D+25$	—	—	$D-25$	$D+25,5$

[1] Относится к валам с диаметрами от 10 до 14 *мм*.

Для валов диаметром	Шпонки призматические: ОСТ 295, 296,			
	обыкновенные	направляющие	допу	
	$b \times h$	$b \times h$	b верхн.	b нижн.
От 7 до 10	3 × 3		+0,04	0
„ 11 „ 14	4 × 4		+0,05	0
„ 15 „ 18	5 × 5		+0,05	0
„ 19 „ 24	6 × 5		+0,05	0
„ 25 „ 30	8 × 6		+0,05	0
„ 32 „ 36	10 × 7		+0,06	0
„ 37 „ 42	12 × 8		+0,06	0
„ 44 „ 48	14 × 9	14 × 9	+0,06	0
„ 50 „ 55	16 × 10	16 × 10	+0,06	0
„ 58 „ 65	18 × 11	18 × 11	+0,07	0
„ 68 „ 78	20 × 12	20 × 12	+0,07	0
„ 80 „ 90	24 × 14	24 × 14	+0,07	0
„ 92 „ 105	28 × 16	28 × 16	+0,07	0
„ 110 „ 120	32 × 18	32 × 18	+0,09	0
„ 125 „ 140	36 × 20	36 × 20	+0,09	0
„ 145 „ 170	40 × 22		+0,09	0
„ 175 „ 200	45 × 24		+0,99	0
„ 210 „ 240	50 × 26		+0,12	0
„ 250 „ 290	60 × 32		+0,12	0
„ 290 „ 330	70 × 36		+0,12	0
„ 340 „ 400	80 × 40		+0,15	0
„ 410 „ 500	100 × 50		+0,15	0

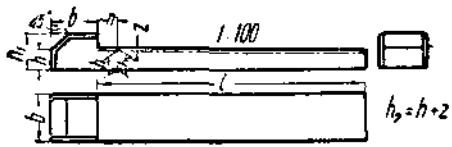
мок по ОСТ (в *мм*).

297 и 299		Шпонки клиновые: ОСТ 290, 291, 292, 293, 294 и 298					
ски		врезные	на лыске	допуски			
h		$b \times h$	$b \times h$	*b*		*h*	
верхн.	нижн.			верхн.	нижн.	верхн.	нижн.
+0,15	0						
+0,15	0	(4 × 4)[1]		0	−0,1	+0,45	+0,3
+0,15	0	5 × 5		0	−0,1	+0,45	+0,3
+0,15	0	6 × 5		0	−0,1	+0,45	+0,3
+0,15	0		8 × 4	0	−0,1	+0,45	+0,3
		8 × 6		0	−0,1	+0,45	+0,3
+0,20	0		10 × 4,5	0	−0,1	+0,45	+0,3
		10 × 7		0	−0,1	+0,5	+0,3
+0,20	0		12 × 5	0	−0,1	+0,45	+0,3
		12 × 8		0	−0,1	+0,5	+0,3
+0,20	0		14 × 5,5	0	−0,1	+0,45	+0,3
		14 × 9		0	−0,1	+0,6	+0,4
+0,20	0		16 × 6,5	0	−0,1	+0,45	+0,3
		16 × 10		0	−0,1	+0,6	+0,4
+0,25	0		18 × 7	0	−0,15	+0,5	+0,3
		18 × 11		0	−0,15	+0,7	+0,4
+0,25	0		20 × 8	0	−0,15	+0,5	+0,3
		20 × 12		0	−0,15	+0,7	+0,4
+0,25	0		24 × 9	0	−0,15	+0,6	+0,4
		24 × 14		0	−0,15	+0,8	+0,5
+0,25	0		28 × 10	0	−0,15	+0,6	+0,4
		28 × 16		0	−0,15	+0,8	+0,5
+0,30	0		32 × 11	0	−0,2	+0,7	+0,4
		32 × 18		0	−0,2	+0,9	+0,5
+0,30	0	36 × 20		0	−0,2	+0,9	+0,5
+0,30	0	40 × 22		0	−0,2	+0,9	+0,5
+0,30	0	45 × 24		0	−0,2	+0,9	+0,5
+0,40	0	50 × 26		0	−0,25	+1,0	+0,5
+0,40	0	60 × 32		0	−0,25	+1,0	+0,5
+0,40	0	70 × 36		0	−0,25	+1,0	+0,5
+0,50	0	80 × 40		0	−0,3	+1,0	+0,5
+0,50	0	100 × 50		0	−0,3	+1,0	+0,5

[1] Относится к валам с диаметрами от 10 до 14 *мм*

Шпонки клиновые на лыске с головкой (низкие)

(по ОСТ 294).

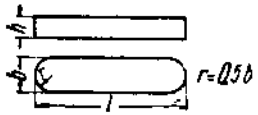


b	8	10	12	14	16	18	20	24	28	32
h	4	4,5	5	5,5	6,5	7	8	9	10	11
z	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5
h_1	7	8	9	10	12	13	15	17	19	21
l	35 40 45 50 60 70 80 90 100	40 45 50 60 70 80 90 100	45 50 60 70 80 90 100 120	50 60 70 80 90 100 120 140	60 70 80 90 100 120 140 160	70 80 90 100 120 140 160 180	80 90 100 120 140 160 180 200 220	90 100 120 140 160 180 200 220 260	100 120 140 160 180 200 220 260 300	120 140 160 180 200 220 260 300 350

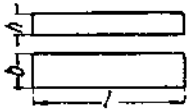
Изготовляется из поковки. Обработка кругом. Материал шпонок — сталь. Допуски шпонок, см. стр. 536—537. Высота шпонки выполняется по размеру $h+z$, где z — минимальный припуск на пригонку.

Шпонки призматические обыкновенные
(по ОСТ 296).

Со скругленными торцами



С плоскими торцами

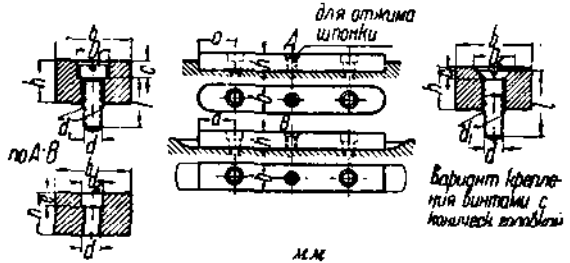


мм

b	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	24	28	32	36	40	45	50	60	70	80	100
h	3	4	5	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	20	22	24	28	32	36	40	50
l	10	10	10	15	20	25	30	35	45	50	60	70	80	90	100	Длины назначаются по конструктивным соображениям с окончанием на 0						
	12	12	12	18	25	30	35	40	50	55	65	75	90	100	110							
	15	15	15	20	30	35	40	45	55	60	70	80	100	110	120							
	18	18	18	25	35	40	45	50	60	65	75	90	110	120	130							
	20	20	20	30	40	45	50	55	65	70	80	100	120	130	140							
	25	25	25	35	45	50	55	60	70	75	90	110	130	140	160							
	30	30	30	40	50	55	60	65	75	80	100	120	140	160	180							
			35	45	55	60	65	70	80	90	110	130	160	180	200							
			40	50	60	65	70	75	90	100	120	140	180	200	220							
					65	70	75	80	100	110	130	160	200	220	260							
					70	75	80	90	110	120	140	180	220	260	300							
						80	90	100	120	130	160	200	260	300	350							
						90	100	110	130	140	180	220	300	350	400							
							110	120	140	160	200	260										
							120	130	160	180	220											
								140	180	200												

Во всех случаях, когда шпонка готовится не из чистотянутого материала, обработка — кругом. Материал шпонок — сталь. Допуски шпонок см. стр. 536—537.

Шпонки призматические направляющие (с креплением на валу)
(по ОСТ 297).

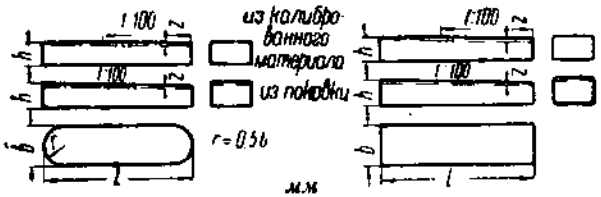


Шпонка $b \times h$	Детали крепления винтами									Размеры отверстия для отжима шпонки		
	Общие размеры			Размеры для винта с цилиндрич. головкой			Размеры для винта с конической головкой					
	$a_{мин}$	d	d_1	D_1	c	l	D_2	c_1	l	d	d_2	e
14 × 9	14	5	5,5	8	4,5	12	12	3,5	15	5	6	2
16 × 10	16	6	7	10	5	15	14	4	18	6	7	3
18 × 11	18	6	7	10	5	15	14	4	18	6	7	3
20 × 12	20	6	7	10	5	15	14	4	22	6	7	3
24 × 14	24	8	9	13	6,5	18	18	5	22	8	9	5
28 × 16	28	8	9	13	6,5	18	18	5	26	8	9	5
32 × 18	32	10	11	16	8,5	26	22	6	35	10	11	7
36 × 20	36	10	11	16	8,5	26	22	6	35	10	11	7

Длины шпонок не нормируются. При подборе длин рекомендуется брать размеры с окончанием на 5 и 0. Число винтов для крепления шпонки, а также расстояния между ними не нормируются. Винты по ОСТ 216 и ОСТ 218. Число отжимных отверстий не нормируется. Резьба по ОСТ 32 и ОСТ 94.

Шпонки клиновые врезные
(по ОСТ 291).

С округленными торцами (закладные)



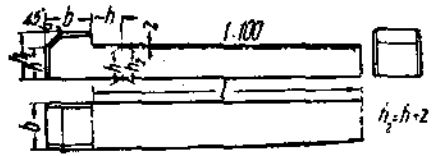
С плоскими торцами (забивные)

b	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	24	28	32	36	40	45	50	60	70	80	100
h	4	5	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	20	22	24	26	32	36	40	50
z	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6
l	15	15	20	25	30	35	40	45	50	70	90	100	120	140	160	180	200	Длины назначаются по конструктивным соображениям с окончанием на 0			
	20	20	25	30	35	40	45	50	60	80	100	120	140	160	180	200	220				
	25	25	30	35	40	45	50	60	70	90	120	140	160	180	200	220	260				
	30	30	35	40	45	50	60	70	80	100	140	160	18	200	220	260	300				
	35	35	40	45	50	60	70	80	90	120	160	180	200	220	260	300	350				
	40	40	45	50	60	70	80	90	100	140	180	200	220	260	300	350	400				
	45	45	50	60	70	80	90	100	120	160	200	220	260	300	350	400	450				
	50	50	60	70	80	90	100	120	140	180	220	260	300	350	400	450	500				
				80	90	100	120	140	160	200	260	300		400	450	500					
							140	160	180	220											

Во всех случаях, когда шпонка готовится не из чистотянутого материала, обработка — кругом. Материал шпонок — сталь. Допуски шпонок см. стр. 536—537. Высота шпонки выполняется по размеру $h+z$, где z — минимальный припуск на пригонку.

Шпонки клиновые врезные с головкой (высокие)

(по ОСТ 292).



мм

b	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	24	28	32	36	40	45	50	60	70	80	100
h	4	5	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	20	22	24	26	32	36	40	50
z	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6
h_1	7	8	8	9	11	12	13	15	16	19	22	25	28	32	36	40	44	50	56	64	80
l	20 25 30 35 40 45 50	25 30 35 40 45 50 60	30 35 40 45 50 60 70	35 40 45 50 60 70 80 90	40 45 50 60 70 80 90 100	45 50 60 70 80 90 100	50 60 70 80 90 100 120 140	60 70 80 90 100 120 140 160	70 80 90 100 120 140 160 180	80 90 100 120 140 160 180 200 220	90 100 120 140 160 180 200 220 260	100 120 140 160 180 200 220 260 300	120 140 160 180 200 220 260 300 350	140 160 180 200 220 260 300 350 400	160 180 200 220 260 300 350 400 450	180 200 220 260 300 350 400 450 500	200 220 260 300 350 400 450 500	Длины назначаются по конструктивным соображениям с окончанием на 0			

Изготовляется из поковки. Обработка кругом. Материал шпонок — сталь. Допуски шпонок, см. стр. 536—537. Высота шпонки выполняется по размеру $h+z$, где z — минимальный припуск на пригонку.

Шпонки Вудруфа.

Шпонки Вудруфа (рис. 152) удобны в том отношении, что их легко вставлять в полукруглые канавки, изготовленные специальными фрезами, профиль которых проверяется по нормальному калибру. При таком способе изготовления шпонки взаимозаменяемы и не требуют пригонки.

При укреплении на валах шкивов, зубчатых колес и пр. с длинными ступицами устанавливают несколько шпонок непосредственно друг за другом. Шпонка должна выступать из вала не больше, чем на половину своей толщины.

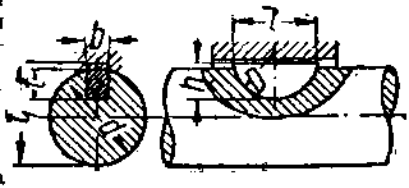


Рис 152

Преимущества таких шпонок перед обыкновенными заключаются: 1) в дешевизне и точности соединения, не требующего специальной пригонки; 2) в безопасности соединения, так как такие шпонки глубже сидят в валах и поэтому держатся прочнее обыкновенных. До сих пор не наблюдалось сколько-нибудь заметного ослабления вала от канавок для этих шпонок и излома валов в месте скрепления.

Шпонки Вудруфа.

(по DIN 304 и 122).

мм

$b \times h$	l	D	d	t	t_1	$b \times h$	l	D	d	t	t_1
1 × 1,4	3,8	4	3—4	0,9	$d+0,6$	8 × 11	27,35	28	28—38	9,5	$d+1,7$
1,5 × 1,4	3,82	4	4—5	0,9	$d+0,6$	6 × 13	31,43	32	22—28	11,4	$d+1,8$
1,5 × 2,6	6,76	7	4—5	2,1	$d+0,6$	7 × 13	31,43	32	—	—	—
2 × 2,6	6,76	7	5—7	1,8	$d+0,9$	8 × 13	31,43	32	28—38	11,5	$d+1,7$
2 × 3,7	9,66	10	5—7	2,9	$d+0,9$	7 × 15	37,15	38	—	—	—
2,5 × 3,7	9,66	10	7—9	2,9	$d+0,9$	8 × 15	37,15	38	28—38	13,5	$d+1,7$
3 × 3,7	9,66	10	9—13	2,5	$d+1,3$	9 × 15	37,15	38	—	—	—
2 × 5	12,65	13	5—7	4,2	$d+0,9$	7 × 16	43,08	45	—	—	—
3 × 5	12,65	13	9—13	3,8	$d+1,3$	8 × 16	43,08	45	28—38	14,5	$d+1,7$
4 × 5	12,65	13	13—17	3,8	$d+1,4$	9 × 16	43,08	45	—	—	—
3 × 6,5	15,72	16	9—13	5,3	$d+1,3$	10 × 16	43,08	45	38—48	14	$d+2,2$
4 × 6,5	15,72	16	13—17	5,3	$d+1,4$	8 × 17	50,83	55	28—38	15,5	$d+1,7$
5 × 6,5	15,72	16	17—22	4,9	$d+1,8$	9 × 17	50,83	55	—	—	—
3 × 7,5	18,57	19	9—13	6,3	$d+1,3$	10 × 17	50,83	55	38—48	15	$d+2,2$
4 × 7,5	18,57	19	13—17	6,3	$d+1,4$	11 × 17	50,83	55	—	—	—
5 × 7,5	18,57	19	17—22	5,9	$d+1,8$	9 × 19	59,13	65	—	—	—
4 × 9	21,63	22	13—17	7,8	$d+1,4$	10 × 19	59,13	65	38—48	17	$d+2,2$
5 × 9	21,63	22	17—22	7,4	$d+1,8$	11 × 19	59,13	65	—	—	—
6 × 9	21,63	22	22—28	7,4	$d+1,8$	12 × 19	59,13	65	48—58	16,5	$d+2,7$
5 × 10	24,49	25	17—22	8,4	$d+1,8$	9 × 24	73,32	80	—	—	—
6 × 10	24,49	25	22—28	8,4	$d+1,8$	10 × 24	73,32	80	38—48	22	$d+2,2$
7 × 10	24,49	25	—	—	—	11 × 24	73,32	80	—	—	—
6 × 11	27,35	28	22—28	9,4	$d+1,8$	12 × 24	73,32	80	48—58	21,5	$d+2,7$
7 × 11	27,35	28	—	—	—						

Шпонки тангенциальные.

Шпонки тангенциальные применяются для передачи больших усилий, так как такие шпонки, заклиниваясь между валом и ступицей колес и шкивов, затягивают последние друг относительно друга не в радиальном, как для прочих шпонок, а в касательном к валу (тангенциальном) направлении (т. е. в направлении действия усилий). На рис. 153 изображены две тангенциальные шпонки, устанавливаемые на валах под углом в 120°. Ниже помещена таблица размеров тангенциальных шпонок по DIN 271 и 268 соответственно для спокойной (обыкновенной) и ударной нагрузки. Каждая шпонка представляет собою систему из двух клиньев с уклоном для первой группы шпонок в 1 : 100, для второй группы шпонок от 1 : 60 до 1 : 100. На рис. 154 r обозначает радиус закругления шпоночной канавки, a — скос на шпонке.

Рис. 153.

Шпонки тангенциальные
(по DIN 271 и 268).

мм

Диаметр вала d	Для спокойной нагрузки по DIN 271		Для ударной нагрузки по DIN 268		Диаметр вала d	Для спокойной нагрузки по DIN 271		Для ударной нагрузки по DIN 268	
	t	b	t	a		t	b	t	b
60	7	19,3	—	—	320	22	81,0	32	96
70	7	21,0	—	—	340	22	83,6	34	102
80	8	24,0	—	—	360	26	93,2	36	108
90	8	25,6	—	—	380	26	95,9	38	114
100	9	28,6	10	30	400	26	98,6	40	120
110	9	30,1	11	33	420	30	108,2	42	126
120	10	33,2	12	36	440	30	110,9	44	132
130	10	34,6	13	39	460	30	113,6	46	138
140	11	37,7	14	42	480	34	123,1	48	144
150	11	39,1	15	45	500	34	125,9	50	150
160	12	42,1	16	48	520	34	128,5	52	156
170	12	43,5	17	51	540	38	138,1	54	162
180	12	44,9	18	54	560	38	140,8	56	168
190	14	49,6	19	57	580	38	143,5	58	174
200	14	51,0	20	60	600	42	153,1	60	180
210	14	52,4	21	63	620	42	155,8	62	186
220	16	57,1	22	66	640	42	158,5	64	192
230	16	58,5	23	69	660	46	168,1	66	198
240	16	59,9	24	72	680	46	170,8	68	204
250	18	64,6	25	75	700	46	173,4	70	210
260	18	66,0	26	78	720	50	183,0	72	216
270	18	67,4	27	81	740	50	185,7	74	222
280	20	72,1	28	84	760	50	188,4	76	228
290	20	73,5	29	87	780	54	198,0	78	234
300	20	74,8	30	90	800	54	200,7	80	240

Продолжение.

Диаметр вала d	Для спокойной нагрузки по DIN 271		Для ударной нагрузки по DIN 268		Диаметр вала d	Для спокойной нагрузки по DIN 271		Для ударной нагрузки по DIN 268	
	t	b	t	b		t	b	t	b
820	54	203,1	82	246	920	62	230,6	92	276
840	58	213,0	84	252	940	62	233,2	94	282
860	58	215,7	86	258	960	66	242.9	96	288
880	58	218,4	88	264	980	66	245,6	98	294
900	62	227,9	90	270	1000	66	248,3	100	300

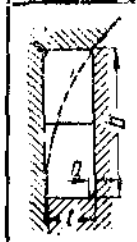


Рис. 154.

Для шпонок по DIN 271	d	60—150	160—240	250—340	360—460	480—680	700—1000
	r	1	1,5	2	2,5	3	4
	a	1.5	2	2,5	3	4	5
Для шпонок по DIN 268	d	100—220	230—360	380—460	480—580	600—860	880—1000
	r	2	3	4	5	6	8
	a	3	4	5	6	7	9

5. ВАЛЫ.

Прогиб вала между двумя подшипниками не должен превышать 0,3 *мм* на 1 *м* его длины.

Длина валов. Для гладких трансмиссионных валов без обварков и щек рекомендуются следующие длины:

При диаметре 30 и 35 *мм* . . . . . 4 *м*
" " 40 " 45 " . . . . . 5 "
" " 50 — 90 " . . . . . 7 "
" " 100 и 110 " . . . . . 6 "

Прежде чем остановиться на определенной длине вала, нужно выяснить места установки подшипников. Каждый отрезок вала должен поддерживаться не менее чем двумя подшипниками. Муфты нужно ставить у самых подшипников и притом, если идти от источника силы, то с задней стороны подшипника, — для того, чтобы в случае надобности можно было отделить отрезок вала, присоединяемый муфтой и служащий продолжением предыдущего вала.

Число оборотов. Чем больше число оборотов, тем меньше диаметры валов и тем меньше стоимость всей установки; однако число оборотов не следует брать особенно большим, так как иначе шкивы получаются слишком малыми. Для тяжелых трансмиссий и для валов, обслуживающих медленно вращающиеся станки, нужно брать числа оборотов в мин. от 100 до 150, для более легких станков — от 150 до 250, а для деревообрабатывающих станков и текстильных машин — от 250 до 400.

Расстояние между подшипниками можно брать из нижеследующей таблички, если только передающий движение валу шкив или зубчатое колесо сидят вплотную к подшипнику и между каждыми двумя подшипниками установлено не более 3 шкивов.

Диаметр валов *мм*	25—40	45—60	70 -80	90—100	110—160
Расстояние между подшипниками в *м*	1,75	2	2,50	3	3,50

Диаметры приводных валов. Необходимые для передачи работы диаметры валов указываются в приводимой ниже таблице; при выборе

Диаметр приводных валов в *мм* в зависимости от числа оборотов и передаваемой мощности.

Мощн. в ЛС	Число оборотов в минуту														
	40	60	80	100	120	140	160	180	200	225	250	275	300	350	400
1	50	45	45	40	40	35	35	35	35	35	35	30	30	30	30
2	60	55	50	50	45	45	40	40	40	40	40	35	35	35	35
3	65	60	55	50	50	50	45	45	45	45	40	40	40	40	40
4	70	65	60	55	55	50	50	50	50	45	45	45	45	40	40
5	75	65	60	60	55	55	55	50	50	50	50	45	45	45	45
6	75	70	65	60	60	55	55	55	50	50	50	50	50	45	45
8	85	75	70	65	65	60	60	55	55	55	55	50	50	50	50
10	85	80	75	70	65	65	60	60	60	55	55	55	55	50	50
12	90	85	75	75	70	65	65	65	60	60	60	55	55	55	50
14	95	85	80	75	75	70	70	65	65	60	60	60	60	55	55
15	95	85	80	75	75	70	70	65	65	65	60	60	60	55	55
16	100	90	85	80	75	70	70	70	65	65	65	60	60	60	55
18	100	90	85	80	75	75	70	70	70	65	65	65	60	60	60
20	105	95	85	85	80	75	75	70	70	70	65	65	65	60	60
25	110	100	90	85	85	80	80	75	75	70	70	70	65	65	60
30	115	105	95	90	85	85	80	80	75	75	70	70	70	65	65
35	120	105	100	95	90	85	85	80	80	80	75	75	75	70	70
40	120	110	105	100	95	90	85	85	85	80	80	75	75	70	70
45	125	115	105	100	95	95	90	85	85	85	80	80	75	75	70
50	130	115	110	105	100	95	90	90	85	85	85	80	80	75	75
55	130	120	110	105	100	95	95	90	90	85	85	85	80	80	75
60	135	120	115	110	105	100	95	95	90	90	85	85	85	80	75
65	140	125	115	110	105	100	100	95	95	90	90	85	85	80	80
70	140	125	120	110	105	105	100	95	95	90	90	90	85	85	80
75	145	130	120	115	110	105	100	100	95	95	90	90	85	85	80
80	145	130	120	115	110	105	105	100	100	95	95	90	90	85	85
85	145	135	125	120	115	110	105	100	100	95	95	90	90	85	85
90	150	135	125	120	115	110	105	105	100	100	95	95	90	90	85
95	150	135	130	120	115	110	110	105	100	100	95	95	90	90	85
100	155	140	130	120	115	115	110	105	105	100	100	95	95	90	85

диаметров не следует забывать, что применение одного и того же диаметра валов, устанавливаемых в разных частях мастерской, представляет большое преимущество, так как при этом уменьшается число запасных частей и можно легко переставлять шкивы.

Валы трансмиссионные

(по ОСТ 1654).

Диаметры *мм*	Теоретический вес погонн. метра (уд. в. 7,85) *кг*	Момент сопротивления W *см*³	Предельные отклонения B_3 по ОСТ 1023	
			верхнее	нижнее
30	5,55	2,65	0	— 0,045
35	7,55	4,21	0	— 0,050
40	9,86	6,28		
45	12,48	8,95		
50	15,41	12,27		
60	22,20	21,20	0	— 0,060
70	30,21	33,67		
80	39,46	50,27		
90	49,94	71,57	0	— 0,070
100	61,65	98,17		
110	74,60	130,7		
125	96,33	191,7	0	— 0,080
140	120,8	269,4		
160	157,8	402,1		
180	199,8	572,6		
200	246,6	785,4	0	— 0,090
220	298,4	1045		
240	355,1	1357		
260	416,8	1726		
280	483,4	2155	0	— 0,100
300	554,9	2651		
320	631,3	3217		
340	712,7	3859		
360	799,0	4580		
380	890,3	5387	0	— 0,120
400	986,4	6283		
420	1088	7274		
440	1194	8363		
460	1305	9556		
480	1421	10857		
500	1541	12272		

Гибкие валы изготовляются диаметром до 100 *мм*. При заказе нужно указывать направление вращения.

Наибольший допустимый радиус кривизны изогнутого вала, при котором еще возможна более или менее нормальная работа, не может быть меньше, чем шестикратная величина его диаметра.

Диаметры гибких валов.

мм

Мощн. в ЛС	Число оборотов в минуту									
	200	300	400	600	800	1000	1200	1400	1600	2000
1/20	10	8	8	7	7	5	5	5	5	5
1/10	15	15	12,5	10	10	10	10	8	8	8
1/6	20	20	20	15	12,5	12,5	12,5	10	10	8
1/4	25	25	25	20	15	15	15	12,5	12,5	10
1/2	30	30	30	25	20	20	20	15	15	12,5
3/4	35	35	35	30	25	20	20	15	15	12,5
1	40	40	35	30	30	25	25	20	20	15
1,5	45	45	40	35	30	30	25	25	20	20
2	50	50	45	40	35	30	30	25	25	20
2,5	55	55	50	45	40	35	35	30	30	25
3	60	60	55	45	45	40	35	35	30	30
4		65	60	50	45	45	40	40	35	35
5		70	65	60	50	50	40	40	35	35
6			70	65	55	50	45	45	40	40
8				70	60	55	50	45	45	40
10					65	60	55	50	50	45
12					70	65	60	55	50	50
15						70	65	60	55	50

Расчет валов.

(Одновременное действие изгиба и кручения).

Если данное сечение вала подвержено действию изгибающего момента M и крутящего $M_{кр}$, то действующий в сечении идеальный момент определяется из выражения:

$$M_и = 0{,}35M + 0{,}65\sqrt{M^2 + (\alpha_0 M_{кр})^2} = \xi M,$$

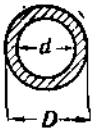
где $\alpha_0 = R_b : 1{,}3R_{кр}$.

Отсюда находится момент сопротивления вала $W = M_и : R_b$.

Для сплошного сечения

$$W = \frac{\pi d^3}{32}.$$

Для кольцевого сечения



$$W = \frac{\pi}{32} D^3 \left[1 - \left(\frac{d}{D}\right)^4 \right].$$

Для упрощения расчета ξ находится из помещенной ниже таблицы (см. стр. 549 — 550).

Таблица значений $\xi = 0{,}35 + 0{,}65\sqrt{1 + \left(\frac{\alpha_0 M_{кр}}{M}\right)^2}$.

$\frac{\alpha_0 M_{кр}}{M}$	ξ	$\frac{\alpha_0 M_{кр}}{M}$	ξ	$\frac{\alpha_0 M_{кр}}{M}$	ξ	$\frac{\alpha_0 M_{кр}}{M}$	ξ
0,01	1,00003	0,51	1,07967	1,01	1,27886	1,51	1,52723
0,02	1,00013	0,52	1,08266	1,02	1,27850	1,52	1,53365
0,03	1,00029	0,53	1,08569	1,03	1,28314	1,53	1,53809
0,04	1,00052	0,54	1,08878	1,04	1,28782	1,54	1,54353
0,05	1,00081	0,55	1,09193	1,05	1,29250	1,55	1,54898
0,06	1,00118	0,56	1,09485	1,06	1,29722	1,56	1,55442
0,07	1,00160	0,57	1,09804	1,07	1,30196	1,57	1,55990
0,08	1,00208	0,58	1,10129	1,08	1,30672	1,58	1,56538
0,09	1,00263	0,59	1,10461	1,09	1,30150	1,59	1,57090
0,1	1,00324	0,6	1,10803	1,10	1,31630	1,6	1,57642
0,11	1,00390	0,61	1,11147	1,11	1,32110	1,61	1,58194
0,12	1,00464	0,62	1,11491	1,12	1,32592	1,62	1,58746
0,13	1,00544	0,63	1,11835	1,13	1,33078	1,63	1,59298
0,14	1,00632	0,64	1,12189	1,14	1,33566	1,64	1,59853
0,15	1,00727	0,65	1,12525	1,15	1,34058	1,65	1,60409
0,16	1,00828	0,66	1,12876	1,16	1,34550	1,66	1,60965
0,17	1,00933	0,67	1,13234	1,17	1,35043	1,67	1,61521
0,18	1,01045	0,68	1,13600	1,18	1,35537	1,68	1,62079
0,19	1,01164	0,69	1,13969	1,19	1,36033	1,69	1,62639
0,2	1,01287	0,7	1,14346	1,2	1,36533	1,7	1,63200
0,21	1,01417	0,71	1,14720	1,21	1,37055	1,71	1,63762
0,22	1,01553	0,72	1,15099	1,22	1,37539	1,72	1,64324
0,23	1,01697	0,73	1,15481	1,23	1,38043	1,73	1,64886
0,24	1,01845	0,74	1,15866	1,24	1,38547	1,74	1,65448
0,25	1,02001	0,75	1,16250	1,25	1,39051	1,75	1,66012
0,26	1,02161	0,76	1,16636	1,26	1,39559	1,76	1,66576
0,27	1,02328	0,77	1,17027	1,27	1,40068	1,77	1,67142
0,28	1,02500	0,78	1,17425	1,28	1,40580	1,78	1,67708
0,29	1,02679	0,79	1,17831	1,29	1,41092	1,79	1,68276
0,3	1,02862	0,8	1,18241	1,3	1,41608	1,8	1,68844
0,31	1,03051	0,81	1,18653	1,31	1,42125	1,81	1,69412
0,32	1,03245	0,82	1,19067	1,32	1,42643	1,82	1,69982
0,33	1,03447	0,83	1,19481	1,33	1,43162	1,83	1,70552
0,34	1,03654	0,84	1,19895	1,34	1,43682	1,84	1,71123
0,35	1,03866	0,85	1,20309	1,35	1,44202	1,85	1,71693
0,36	1,04085	0,86	1,20728	1,36	1,44722	1,86	1,72265
0,37	1,14308	0,87	1,21151	1,37	1,45246	1,87	1,72837
0,38	1,04535	0,88	1,21584	1,38	1,45772	1,88	1,73409
0,39	1,04768	0,89	1,22015	1,39	1,46300	1,89	1,73985
0,4	1,05007	0,9	1,22449	1,4	1,46831	1,9	1,74561
0,41	1,05250	0,91	1,22884	1,41	1,47363	1,91	1,75137
0,42	1,05500	0,92	1,23321	1,42	1,47895	1,92	1,75713
0,43	1,05755	0,93	1,23762	1,43	1,48427	1,93	1,76289
0,44	1,06014	0,94	1,24207	1,44	1,48959	1,94	1,76867
0,45	1,06278	0,95	1,24655	1,45	1,49491	1,95	1,77445
0,46	1,06544	0,96	1,25103	1,46	1,50027	1,96	1,78025
0,47	1,06816	0,97	1,25553	1,47	1,50563	1,97	1,78602
0,48	1,07095	0,98	1,26007	1,48	1,51101	1,98	1,79182
0,49	1,07381	0,99	1,26463	1,49	1,51641	1,99	1,79763
0,5	1,07672	1,0	1,26921	1,5	1,52181	2,0	1,80345

$\frac{\alpha_0 M_{кр}}{M}$	ξ	$\frac{\alpha_0 M_{кр}}{M}$	ξ	$\frac{\alpha_0 M_{кр}}{M}$	ξ	$\frac{\alpha_0 M_{кр}}{M}$	ξ
2,01	1,80927	2,46	2,07608	2,91	2,35007	3,36	2,62368
2,02	1,81509	2,47	2,08211	2,92	2,35622	3,37	2,63491
2,03	1,82091	2,48	2,08813	2,93	2,36238	3,38	2,64116
2,04	1,82673	2,49	2,09416	2,94	2,36853	3,39	2,64739
2,05	1,83259	2,5	2,10018	2,95	2,37466	3,4	2,65362
2,06	1,83843	2,51	2,10622	2,96	2,38084	3,41	2,65986
2,07	1,84428	2,52	2,11227	2,97	2,38700	3,42	2,66610
2,08	1,85014	2,53	2,11831	2,98	2,39317	3,43	2,67234
2,09	1,85600	2,54	2,12436	2,99	2,39933	3,44	2,67858
2,1	1,86186	2,55	2,13040	3,0	2,40549	3,45	2,68482
2,11	1,86774	2,56	2,13646	3,01	2,41166	3,46	2,69106
2,12	1,87362	2,57	2,14251	3,02	2,41783	3,47	2,69731
2,13	1,87950	2,58	2,14857	3,03	2,42401	3,48	2,70355
2,14	1,88538	2,59	2,15463	3,04	2,43018	3,49	2,70980
2,15	1,89127	2,6	2,16069	3,05	2,43635	3,5	2,71604
2,16	1,89709	2,61	2,16676	3,06	2,44253	3,51	2,72229
2,17	1,90292	2,62	2,17284	3,07	2,44871	3,52	2,72854
2,18	1,90876	2,63	2,17891	3,08	2,45489	3,53	2,73480
2,19	1,91460	2,64	2,18499	3,09	2,46107	3,54	2,74106
2,2	1,92044	2,65	2,19106	3,1	2,46725	3,55	2,74730
2,21	1,92644	2,66	2,19714	3,11	2,47341	3,56	2,75356
2,22	1,93244	2,67	2,20323	3,12	2,47963	3,57	2,75982
2,23	1,93843	2,68	2,20933	3,13	2,48582	3,58	2,76608
2,24	1,94444	2,69	2,21542	3,14	2,49201	3,59	2,77234
2,25	1,95044	2,7	2,22151	3,15	2,49820	3,6	2,77860
2,26	1,95638	2,71	2,22761	3,16	2,50440	3,61	2,78487
2,27	1,96232	2,72	2,23371	3,17	2,51060	3,62	2,79113
2,28	1,96827	2,73	2,23982	3,18	2,51680	3,63	2,79740
2,29	1,97423	2,74	2,24592	3,19	2,52300	3,64	2,80366
2,3	1,98019	2,75	2,25202	3,2	2,52920	3,65	2,80993
2,31	1,98615	2,76	2,25813	3,21	2,53541	3,66	2,81620
2,32	1,99211	2,77	2,26425	3,22	2,54162	3,67	2,82247
2,33	1,99809	2,78	2,27036	3,23	2,54782	3,68	2,82875
2,34	2,00407	2,79	2,27648	3,24	2,55403	3,69	2,83502
2,35	2,01005	2,8	2,28259	3,25	2,56024	3,7	2,84129
2,36	2,01603	2,81	2,28872	3,26	2,56646	3,71	2,84757
2,37	2,02201	2,82	2,29485	3,27	2,57267	3,72	2,85385
2,38	2,02800	2,83	2,30097	3,28	2,57889	3,73	2,86012
2,39	2,03400	2,84	2,30710	3,29	2,58510	3,74	2,86640
2,4	2,04000	2,85	2,31323	3,3	2,59132	3,75	2,87268
2,41	2,04601	2,86	2,31937	3,31	2,59754	3,76	2,87896
2,42	2,05202	2,87	2,32551	3,32	2,60377	3,77	2,88525
2,43	2,05802	2,88	2,33164	3,33	2,61000	3,78	2,89153
2,44	2,06403	2,89	2,33778	3,34	2,61622	3,79	2,89782
2,45	2,07005	2,9	2,34392	3,35	2,62245	3,8	2,90410

Пример. Пусть $M_{кр} = 21\,240$ *кг см*; $M = 29500$ *кг см*; $\nu_0 = 1$. Тогда

$$\frac{\nu_0 M_{кр}}{M} = 0{,}72;$$

этой величине соответствует по таблице $\xi = 1{,}15099$.

Отсюда находим

$$M_к = 1{,}15099 \cdot 29\,500 = 33\,954{,}5 \text{ кг см}.$$

6. РЕМЕННАЯ ПЕРЕДАЧА.

1. Ремни.

Кожаные ремни. Лучшие ремни изготовляются из бычьих кож, дубленых дубовым корьем; они гибки и обладают большой прочностью и упругостью. Очень важно правильное изготовление ремней, в особенности предназначенных для передачи больших сил и для тех случаев, когда возможны быстрые изменения в нагрузке или перегрузка. Хороший ремень при работе не сбивается в сторону и при правильном уходе может работать от 10 до 20 лет. Самой лучшей частью кожи для изготовления ремней является полоска шириною сантиметров в 20, идущая вдоль спинного хребта; ее толщина от 5 до 8 *мм*. Толщина бычьей кожи почти одинакова в разных ее частях; во всяком случае, она равномернее, чем у более дешевой воловьей кожи. Толщина бычьей кожи для разных ее сортов колеблется около 4—7 *мм* и в редких случаях доходит до 8 *мм*. Воловьи же кожи на хребте часто имеют толщину в 4 *мм* и в 8—10 *мм* на боковых сторонах. Так как передаваемая кожаным ремнем сила в большей степени зависит от равномерной толщины кожи, то ремни из бычьих кож лучше для работы, чем ремни из воловьих. Кожа на животе быка толще ее остальных частей, но зато она более пориста и состоит из более грубых волокон; поэтому изготовленные из нее ремни хуже по качеству и работают сравнительно плохо.

Двойные ремни могут передавать силу лишь в $1^1/_2$ раза большую, чем простой одиночный ремень. Ремни шириною свыше 100 *мм* следует надевать на шкивы при помощи специальных приборов, так как иначе края их легко могут быть повреждены (получат надрывы), или они неравномерно растягиваются, что влечет за собой сбегание ремня.

Технические условия на кожаные ремни. Ремни бывают ординарные и двойные. Ординарный ремень получается сращиванием отдельных полос, вырезанных из ремневого чепрака. Двойной ремень представляет собою два ординарных ремня, склеенных и прошитых или только склеенных в одно целое по всей поверхности полос. Место сращивания полос называется **стыком** или **склейкой**. При сращивании концов полос плечевые концы чепрака соединяются с плечевыми, огузочные (обращенные к хвосту концы) с огузочными. В двойных ремнях допускается соединение плечевых концов с огузочными. Склеиваемые части концов полос должны быть правильно состроганы таким образом, чтобы толщина ремня на участке склей и была равна толщине полос и концы полос должны быть обрезаны под прямым углом к кромке ремня; срез на стыках по всей длине ремня должен быть сделан в одном направлении (см. рис. 155). Длина участков склейки для ординарного ремня должна быть не менее 100 *мм* для ширины ремня до 25 *мм* и не менее 175 *мм* для ширины ремня

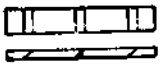


Рис. 155.

свыше 150 *мм* (см. ОСТ 232). Расстояние между концами стыков верхнего и нижнего слоя у двойных ремней должно быть не менее 200 *мм*. При изготовлении ремень должен быть растянут под нагрузкой не менее 0,45 *кг/мм²* (ОСТ 232). В отношении механических свойств ремня ОСТ 232 дает следующие технические условия: лицо ремня не должно быть ломким, т. е. не должно давать трещин при сгибании образца лицом наружу на 180° вокруг валиков следующих диаметров:

Для ординарного ремня при его толщине до 5 *мм* диаметр валика	25 *мм*
Для ординарного ремня при его толщине свыше 5 до 6 *мм* диаметр валика	30 „
Для ординарного ремня при его толщине свыше 6 *мм* диаметр валика	50 „
Для двойного ремня при его толщине до 10 *мм* диаметр валика	75 „
Для двойного ремня при его толщине свыше 10 *мм* диаметр валика	100 „

При сгибании ремня лицом внутрь на 180° вокруг валика диаметром 50 *мм* на лицо ремня не должно образовываться морщин. Для двойного ремня при толщине его до 8 *мм* сгибание производится вокруг валика диам. 100 *мм*, свыше 8 *мм* — диам. 150 *мм*.

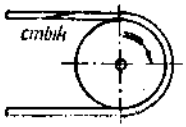


Рис. 156.

Сопротивление разрыву для ординарного ремня на месте склейки должно быть не менее 2 *кг/мм²*, на участке между склейками — не менее 2,4 *кг/мм²*; удлинение при напряжении в 1 *кг/мм²* не более 10%.

При склеенных ремнях нужно стараться, чтобы при перемещении ремня относительно шкива (при скольжении ремня) не могло произойти повреждения в месте соединения. Так как скольжение на обоих шкивах направлено в противоположные стороны (относительно шкивов), стараются соединение ремня расположить наиболее благоприятным образом по отношению к шкиву меньшего диаметра, на котором относительное скольжение больше. Соединение на внутренней стороне ремня должно быть расположено так, чтобы срез ремня входил на шкив, как показано на рис. 156.

Ремни накладываются на шкивы своей шероховатой стороной, так как последняя лучше гладкой переносит напряжения от изгиба, особенно сказывающиеся на внутренней стороне ремня.

Если ремень покоробился, нужно смочить теплой водой те места, где заметно укорачивание, и затем, натягивая ремень, ударять по нему в этих местах молотком. Этот способ применяется, однако, лишь в тех случаях, когда нет под руками специального устройства для растягивания ремня перед его пуском в работу; если же есть подобная машина, то на ней ремень подвергается несколько раз напряжениям, соответствующим по величине рабочим усилиям.

При закупке ремней нужно отдавать предпочтение изготовленным из кожи, подвергавшейся вытягиванию во влажном состоянии; такие ремни при работе меньше изменяют свои размеры (меньше тянутся).

Практика установила, что хорошие кожаные ремни лучше всех других. Однако за кожаным ремнем нужен хороший уход, если хотят, чтобы он служил много лет. Если ремень покрылся коркой из пыли

и масла, его нужно повторно обмывать тепловатой мыльной водой и каждый раз затем обсушивать. Здесь нужно по возможности избегать полного размягчения ремня, которое может получиться вследствие проникновения воды в его толщу. Для просушки ремень можно оставлять на шкивах; когда он наполовину просохнет, его следует смазать специальным составом, свободным от смолистых веществ и кислот. Если кожаный ремень слишком сильно пропитался жировыми веществами и стал слишком мягким и слишком скользит на шкивах, то жир следует удалить при помощи составленной из бензина и порошкообразной (трубочной) глины чистой кашицы, намазываемой на его поверхность. После того как эта масса высохнет, ее сметают щеткой. В некоторых случаях это приходится повторять несколько раз. Если при этом поверхность ремня оказалась слишком обезжиренной, то ее нужно слегка смазать ворванью. Следует избегать всяких клейких составов, в особенности содержащих вещества, рекомендуемые для увеличения силы сцепления и уничтожения скольжения. Некоторое скольжение является даже желательным.

По исследованиям проф. Каммерера, прямые ремни передают до 97% работы без применения клейких составов. Если такие составы все же применялись и на внутренней поверхности ремня образовался слой смолистых веществ и пыли, то его нужно удалить заостренной деревянной лопаточкой или спинкой ножа. Очистив таким образом ремень, его обезжиривают, как указано выше.

Кожаные ремни работают тем лучше, чем меньше они напряжены

Хлопчатобумажные ремни дешевле и мягче чем кожаные ремни, но менее долговечны и более чувствительны к сырости. Для предохранения от последней их пропитывают вареным льняным маслом, что, однако, влечет за собою понижение их упругости. Ремни из чистой верблюжьей шерсти в общем стоят не дешевле кожаных, которым они уступают в продолжительности срока службы; если же ремни изготовлены из смеси верблюжьей шерсти с хлопчатобумажными и иными волокнами, то они не имеют никаких преимуществ перед более дешевыми по сравнению с ними хлопчатобумажными ремнями. Пропитывание различными маслами точно так же уменьшает их упругость. Из хлопчатобумажной и джутовой пряжи изготовляются ремни иногда шириною до 1 *м* и толщиною в 1 *см*.

Ниже в табличке приведены значения допустимой нагрузки хлопчатобумажных ремней.

Допустимая нагрузка ремней из верблюжьей шерсти в зависимости от ширины ремня может быть найдена по следующим данным: при ширине ремня 100 *мм* — 10 *кг/см*, при ширине 150 *мм* — 12,5 *кг/см*, при большей ширине — 15 *кг/см*.

Хлопчатобумажные ремни.

Толщина *мм*	Усилие *кг/см*
5	5
7	8
9	10
11	17

Прорезиненные ремни, изготовленные из нескольких слоев хлопчатобумажной ткани, связанных между собою вулканизированной массой каучука с примесями, применяются в СССР довольно часто (см. ОСТ 689). Прочность на разрыв, отнесенная к 1 *см* ширины одной прокладки готового ремня, должна быть по основе не менее 50 *кг* и по утку не менее 30 *кг*. В виду их относительно небольшой долговечности, они могут оказаться в конце концов дороже кожаных ремней, однако их применение может быть выгодным для страны с точки зрения замены кожи. Прорезиненные

ремни применяются чаще всего в таких помещениях, где приходится иметь дело со щелочами, кислотами и их парами.

Кожа оказалась лучшим материалом для ремней, работающих на ступенчатых шкивах или часто переводимых отводками.

Соединение ремней. Различают постоянные и разъемные соединения; к первым принадлежат соединения склеиванием, сшиванием и склепыванием, ко вторым — соединения при помощи особых пряжек и проволочных крючков.

При хорошем соединении на ремне не получается утолщенных мест, ремень составляет одну бесконечную ленту равной во всех частях толщины. Соединение не должно иметь выступающих частей и не должно ослаблять ремень. Значительные утолщения и тяжелые соединительные части вредно влияют на прочность ремня и могут вызвать его разрыв в довольно короткий срок вследствие ударов соединительных частей о шкивы и возникающих при этом подергиваний.

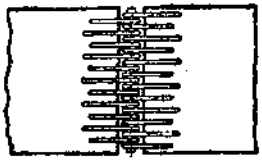


Рис. 157.

Динамомашины, приводимые в действие ремнями с не вполне удовлетворительными соединениями, производят мигающий ток, очень неприятный при электрическом освещении. Плохие соединения вызывают толчки при работе шпинделей быстроходных станков и тем уменьшают производительность, в особенности, если по сути дела требуется равномерность вращения, как напр. при шлифовальных и деревообделочных станках.

Показанное на рис. 157—158 соединение проволочными скобами дает почти такие же результаты, как и хорошее склеивание скошенных концов ремня, когда не образуется при этом никаких выступающих частей.

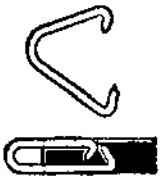


Рис. 158.

Склейка. Наиболее надежным и удобным способом сращивания концов ремня является их склейка. Концы ремня должны быть срезаны клинообразно, чтобы при склейке в нахлестку не было утолщения ремня. Для ширины ремня до 50 *мм* длина среза должна быть около 120 *мм*, для ширины до 100 *мм* — длина среза ≈ 150 *мм*, для ширины до 125 *мм* длина среза 175 *мм*, для ширины от 200 до 400 *мм* — длина среза делается равной ширине ремня. При большей ширине ремня длина среза делается не более 400 *мм*. Перед склейкой ремня последний надевается на шкивы и натягивается (несколько больше, чем бывает натяг при работе) при помощи зажимов и расположенных по сторонам ремня стяжек. На срезанные концы наносится в горячем состоянии клей и склейка проглаживается и отбивается деревянным молотком. Стяжки снимаются через 1—2 часа после склейки. Места склейки узких и средней ширины ремней иногда при склейке зажимаются между досками.

Передаточное число рекомендуется брать не больше 5 : 1 если же применяются натяжные ролики или клинообразные ремни, можно допустить практически любое передаточное число (до 16). Для увеличения же долговечности ремней желательно передаточное число снижать до 1 : 2 — 1 : 3.

Скольжение ремня колеблется между 0,5 —15% без риска спадения ремня; оно растет с передаточным числом, с величиной изменений в нагрузке, с напряжением и скоростью ремня. Последняя вызывает осо-

бенно большое скольжение, если расстояние между осями велико и расположение ремня близко к вертикальному. Чтобы скольжение не отражалось вредно на продолжительности службы ремня, оно не должно превышать 2%. Обычно потеря на скольжение принимается в пределах 1—2%.

Коэфициент полезного действия ременной передачи можно принимать от 0,94 до 0,98.

Перекрестные ремни. Расстояние между осями следует брать по возможности большим, чтобы поворот ремня не влиял на него слишком вредно; расстояние от места поворота ремня до ближайшего шкива должно быть не менее десятикратной ширины ремня. Место соединения его концов должно быть гладким и не иметь утолщений.

Полуперекрестные ремни. Строго цилиндрические шкивы должны быть расположены по рис. 159. Ведущий шкив должен находиться на расстоянии $e_1 = 0{,}1$ до $0{,}2b$ от пересечения приведенных на чертеже прямых, соответствующих серединам ремня, ведомый на расстоянии $e_2 = 0{,}5 - 0{,}6b$.

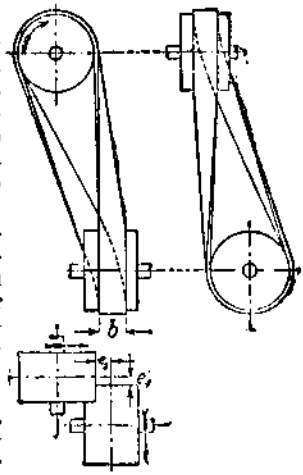


Рис. 159.

Точная установка шкивов лучше всего достигается вращением свободно сидящих, еще незаклиненных на валу шкивов с надетым на них ремнем; при этом они устанавливаются сами в наивыгоднейшее положение, после чего их ставят на шпонки. Ведомый шкив следует делать очень широким, так как ремень смещается при перемене нагрузки.

Силы, действующие при ременной передаче. Передаваемое ремнем наибольшее окружное усилие (разность натяжений обеих ветвей) растет с начальным натяжением ремня, диаметром шкива и со скоростью ремня. Последнее объясняется возрастающим вместе со скоростью скольжением, благодаря чему увеличивается коэфициент трения.

Усилие, передаваемое ремнем в зависимости от его ширины

$(P = p \cdot b)$ [1]).

Ширина ремня в *мм*	Натяжение ремня *кг*	
	На 1 *мм* ширины ремня	На всю ширину ремня
40	1,07	43
50	1,14	57
60	1,16	72
70	1,2	84
80	1,32	106
90	1,36	124
100	1,5	150
110	1,5	165
120	1,5	180
130	1,54	200
140	1,57	220

Диаграмма (рис. 160) иллюстрирует увеличение передаваемого числа лошадиных сил в зависимости от увеличения начального натяжения кожаного ремня шириною в 200 *мм*, работающего со скоростью 15 *м*/сек. на шкивах диаметром 300 *мм*.

Во время работы ремня центробежная сила уменьшает его начальное натя-

[1]) По данным AWF.

жение в тем большей степени, чем больше последнее и чем больше скорость ремня.

Сумма натяжений обеих ветвей ремня растет вместе с передаваемым окружным усилием. Натяжение ведущей части ремня вдвое больше ведомого.

Для станков можно допускать разность натяжения в 5 — 8 *кг* на 1 *см* ширины ремня, а для особенно тяжелых станков можно доводить его до 12 *кг*; эти величины увеличиваются на 50% при применении натяжных роликов.

Клинообразные ремни (рис. 161) начали в последние годы широко применяться в машиностроении — в особенности в станкостроении (токарные, шлифовальные станки и пр.) — при малых расстояниях между осями шкивов, делая лишним применение лениксов, пока еще при передаче не особенно больших мощностей. Угол 2α между сторонами канавки шкива (между гранями ремня) определяет величину силы трения между шкивом и коническим ремнем (коэфициент трения μ_1 клинообразного ремня о шкив может быть найден по формуле: $\mu_1 = \frac{\mu}{\sin\alpha}$ где μ — коэф. трения плоского ремня). Если P — передаваемая клинообразным ремнем сила, то $P = P_1 - P_2$, где P_1 — натяжение ведущей части ремня, P_2 — ведомой. Между P_1 и P_2 существует зависимость: $P_1 = P_2 \cdot e^{\mu_1 \cdot \alpha}$. Чтобы ремень выходил из клинообразной канавки не заклиниваясь, нужно, чтобы α был равен или был больше угла трения ($\alpha \geq \rho$). Принимая коэф. трения кожи или резины по чугуну в среднем около 0,24 — 0,28 и считая, что $\mu = \operatorname{tg}\rho$, получим, что 2α не должно быть меньше 30 — 35°.

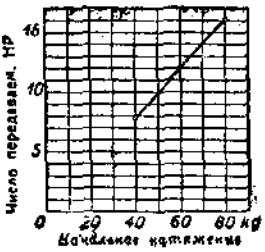


Рис. 160.

Клинообразные ремни изготовляются большей частью из каучука без сердечника или с сердечником из текстильных материалов, реже с металлическим сердечником. Эти ремни делаются также и из хромовой кожи, несколько слоев которой соединяются медными расклепываемыми штифтами или сшиваются медной проволокой.

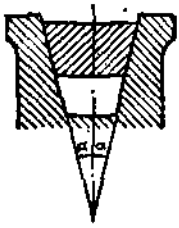


Рис. 161.

2. Шкивы для ременной передачи.

Для нормальной работы ременной передачи большое значение имеет правильное устройство и надлежащий выбор шкивов.

Несмотря на свою несколько большую цену, шкивы больших диаметров оказываются выгоднее для передачи, чем шкивы малых диаметров, так как в первом случае ремни испытывают меньшие напряжения, чем во втором, а потому менее подвергаются износу.

Выпуклость обода шкивов не следует делать слишком большой, так как иначе ремень работает недостаточно надежно и середина его подвергается большому растяжению. Эта ошибка очень часто встречается у шкивов насосов и деревообделочных станков. Лучше всего

брать высоту выпуклости от $^1/_4 \sqrt{B}$ до $^1/_3 \sqrt{B}$ (где B — ширина шкива). Малому расстоянию между осями и значительной ширине шкивов должна соответствовать небольшая выпуклость.

Ведущие шкивы делаются вовсе без выпуклости, при перекрестных же ремнях — также и ведомые.

Шкивы следует делать совершенно гладкими, так как между ними и ремнем всегда существует относительное перемещение, вызывающее при шероховатых шкивах (плохо обточенных чугунных или деревянных) скорое изнашивание ремня.

Составные шкивы в настоящее время получают все большее распространение, так как их можно устанавливать на валах, не вынимая последние из подшипников. Это особенно важно при подшипниках шариковых и с кольцевой смазкой. Составные шкивы, передающие до 20 ЛС, можно укреплять на валах без помощи шпонок, что дает возможность применять валы, изготовленные путем холодного прокатывания или волочения, легко искривляющиеся, если на них приходится делать канавки для шпонок.

Очень хорошо зарекомендовали себя стальные шкивы, изготовляемые из листового железа (обод из листовой стали, спицы из круглой стали, ступица из чугуна); они имеют либо прямой, либо слегка выпуклый обод с весьма гладкой поверхностью. Они легче чугунных и, в противоположность деревянным шкивам, нечувствительны к сырости и к температурным колебаниям. Они в особенности пригодны при скоростях ремня свыше 25 *м*/сек.

Чугунные шкивы применяются для окружных скоростей до 30 *м*/сек., стальные — до 50—60 *м*/сек.

Для уменьшения износа ремней желательно шкивы делать бо́льших диаметров; желательно с этой точки зрения диаметр меньших шкивов не делать меньше толщины ремня, умноженной на 100.

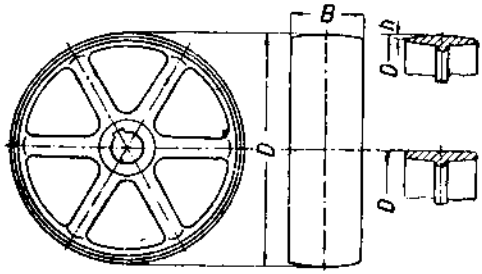
Передаваемая стальными шкивами мощность в ЛС.

Скорость ремня в *м*/сек.	Ширина шкивов				Скорость ремня в *м*/сек.	Ширина шкивов			
	75	100	125	150		75	100	125	150
	мм					*мм*			
1	0,9	1,1	1,4	1,7	9	8,0	10,0	13,0	15,5
2	1,7	2,2	2,8	3,4	10	9,0	11,0	14,5	17,0
3	2,6	3,5	4,5	5,0	12	10,0	13,0	17,0	20,0
4	3,4	4,5	5,5	7,0	14	12,0	16,0	20,0	24,0
5	4,2	5,5	7,0	8,5	16	13,0	18,0	22,0	27,0
6	5,0	6,5	8,5	10,0	18	15,0	21,0	26,0	31,0
7	6,0	8,0	10,0	12,0	20	17,0	23,0	29,0	34,0
8	7,0	9,0	11,0	13,5					

Толщина ремня принята в 7 *мм*, его напряжение — 12,5 *кг* на 1 *см*².

Шкивы ременные для трансмиссий

(по ОСТ 1655).



Диаметр шкивов *мм*				Ширина шкивов *мм*			
Диаметр *D*	Допуск. отклонение	Диаметр *D*	Допуск. отклонение	Ширина *B*	Допуск. отклонение	Стрела выпуклости обода *h*	Применять при ширине ремня
50 63 80	± 1	560 630 710 800 900	± 4	40 50 60 70 85	— 2	1	30 40 50
						1,5	60 (70) и 75 80, 85 и 90
90 100 112 125 130 160 180 200	± 2	1000 1120 1250 1400 1600 1800 2000 2250	± 6	100 125 150	— 4	2	100 125
				175 200 225	— 6	2,5	150 175 200 225
225 250 280 320 360 400 450 500	± 3	2500 2800 3200 3600 4000	± 8	250 300 350	— 8	3	250 и 275 300 350
				400 450 500 600	—10	4	400 450 500 и 550

Натяжные ролики.

Натяжные ролики (рис. 162) с успехом применяются при значительных (больше 5 : 1) передаточных числах (напр., при передачах от электромотора) или в тех случаях, если расстояния между осями малы, а желают обойтись без промежуточных передач. Они уменьшают износ ремня, увеличивают надежность передачи и придают большую компактность всей передаче. Коэфициент полезного действия передачи с натяжным роликом несколько меньше обыкновенной передачи, и в среднем колеблется от 0,93 до 0,96.

Для хорошей работы натяжных роликов весьма существенно правильное изготовление ремня, который делается из лучшей хребтовой части кожи и должен быть гладким с обеих сторон. Так как ремень здесь изгибается в двух противоположных направлениях, требуются особенно эластичные и гибкие сорта кожи. Их сравнительно высокая цена с избытком окупается большей их долговечностью и уменьшением расхода по поддержанию их в порядке.

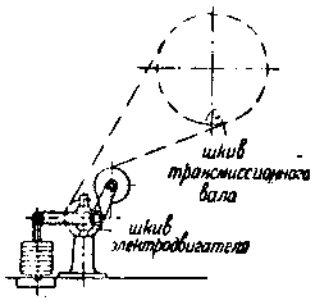


Рис. 162.

3. Расчет ременной передачи.

На стр. 560 — 562 приведены в таблицах формулы, пользуясь которыми, можно решать большинство задач, относящихся к ременной передаче.

Примеры: I. Определить числа оборотов шпинделя станка при разных положениях ремня на пятиступенчатом шкиве, если наибольшее число оборотов шпинделя $n_5' = 500$, а наименьшее $n_1' = 50$.

$$\varphi = \sqrt[5-1]{\frac{500}{50}} = \sqrt[4]{10} = 1{,}7783;\ n_2' = n_1' \cdot \varphi = 50 \cdot 1{,}7783 = 89;$$

$$n_3' = n_2' \cdot \varphi = 89 \cdot 1{,}7783 = 158;$$

$$n_4' = n_3' \cdot \varphi = 158 \cdot 1{,}7783 = 281;\ n_5' = n_4' \cdot \varphi = 281 \cdot 1{,}7783 = 500.$$

II. Даны диаметры шкивов $D_1 = 300$ *мм*; $D_2 = 240$ *мм*; $D_3 = 180$ *мм*. Расстояние между осями $E = 1000$ *мм*; выбран $d_2 = 220$ *мм*. Определить приближенную длину ремня при прямом ремне.

$$\text{Длина ремня } L = \pi\,\frac{520}{2} + \frac{1}{1000}\left(\frac{300-220}{2}\right)^2 + 2 \cdot 1000 = \pi \cdot 260 +$$

$$+ \frac{1}{1000} \cdot \frac{6400}{4} + 2000 = 816{,}8 + 1{,}6 + 2000 = 2818{,}4 \text{ мм.}$$

Разность диаметров второй пары ступеней шкива:

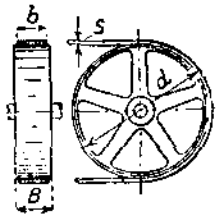
$$a = -\pi \cdot 1000 + \sqrt{1000\,(1{,}8696 \cdot 1000 + 4 \cdot 2818{,}4 - 12{,}566 \cdot 220)} =$$

$$= -3141{,}6 + \sqrt{10\,127\,960} = -3141{,}6 + 3182{,}3 = 40{,}7 \text{ мм;}$$

$$d_3 = D_2 + a = 240 + 40{,}7 = 280{,}7 \text{ мм.}$$

Расчет ременной передачи.

Названи	Обозначение	Формула
Передаваемая мощность ЛС	N	$\frac{P \cdot v}{75}$; $\frac{p \cdot b \cdot v}{75}$; $\frac{p \cdot b \cdot d \cdot \pi \cdot n}{60 \cdot 75}$
Окружное усилие кг	P	$p \cdot b$; $\frac{N \cdot 75}{v}$
Ширина ремня см	b	$\frac{P}{p}$
Диаметр шкива м	d	
Скорость на окружн. шкива в м/сек. . .	v	$\frac{d \cdot \pi \cdot n}{60}$; между 5 и 40 м/сек.
Число обор. шкива	n	$\frac{v \cdot 60}{d \cdot \pi}$
Толщина ремня в мм.	s	$< d/100$; $> d/100$ — Рем. один. $s =$ 4,5 / 5 / 5 / 6 / 6,5; двойн. $s =$ 5 / 10 / 11 / 12 / 13 ($b =$ 4 / 5 / 8 / 16 / 25 и б.)



Допускаемое напряжение в кг на 1 см ширины ремня по Герквесу (для открытых ремней в благоприятных условиях работы).

Диам. шкива мм	p	v в м/сек. 3 I	3 II	5 I	5 II	10 I	10 II	20 I	20 II	30 I	30 II	40 I	40 II	50 I	50 II
100		2	—	2,5	—	3	—	3,5	—	3,5	—	3,5	—	3	—
200		3	—	4	—	5	—	6	—	6,5	—	6,5	—	6,5	—
300		4	5	5	6	6	7	7,5	9	8,5	10	9	10	9	10
400		5	6,5	6	8	7	9	9	11	10	12	10,5	12,5	11	12,5
500		6	8	7	9,5	8	11	10	13	11	13,5	11,5	14	12	14
600		7	9,5	8	11	9	12	11	15	12,5	16	13	16,5	13,5	17
700		8	11	9	12,5	10	14	12	17,5	13	18,5	13,5	19,5	14	20
1000		9	13	10	15	11	17	13	21	14	22	14,5	23	15	24
1500		10	15	11	17	12	19	13,5	23	14,5	26	15	27	15,5	28
2000		11	17	12	19	13	21	14	25	15	28	15,5	29	16	30

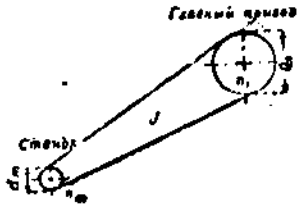
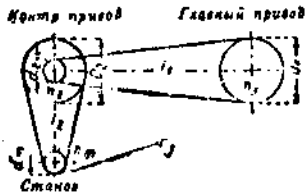
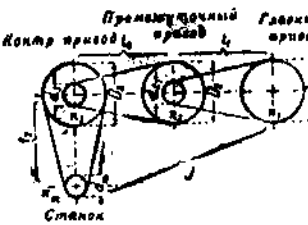
Величины в ряду { I соотв. одиночн. ремню; II „ двойн. „ } для неравном. работы 0,5 p; „ скрещ. ремня (0,7—0,9) „

Допуск. напряжение на 1 см² поперечн. сеч. ремня		обычно до 15 кг/см²
Расстояние между осями	E	$\geq 20 \cdot b$; Если $b < 10$ см: { без натяжн. ролика < 6 м; с натяжн. роликом < 15 „ } При перекрестных ремнях: расстояние места перекрещивания ремня до ближайшего шкива $> 10 \cdot b$. При передаче между валами, стоящими под прямым углом: $> 10 \cdot \sqrt{b}$ · диаметр ведущего шкива (по Фолькерсу).
Ширина шкива . . .	B	См. стр. 558.

Определение передаточного числа ременной передачи.

$$\frac{\text{Число оборотов ведомого шкива}}{\text{Число оборотов ведущего шкива}} = \frac{\text{Диаметр ведущего шкива}}{\text{Диаметр ведомого шкива}} = i$$

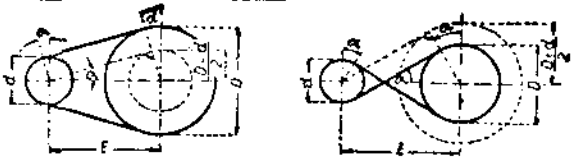
Название	Условное обозначение
Передаточное число всей передачи к станку	J
Передаточное число между одной парой шкивов	i
Число оборотов валов (шкивов) в минуту	n
Диаметр ведущего шкива	D
Диаметр ведомого шкива	d

Передача	Расположение шкивов	Обозначение	Формулы	
Простая		J	$\frac{n_m}{n_1}$; $\frac{D_1}{d_m}$; $\frac{D_1}{d_m} \leqq 5$	
		n_1	$\frac{d_m \cdot n_m}{D_1}$	
		D_1	$\frac{d_m \cdot n_m}{n_1}$	
Двойная		J	$\frac{n_m}{n_1}$; $\frac{D_1 \cdot D_2}{d_2 \cdot d_m}$; $i_1 \cdot i_2$	
		i_1	$\frac{n_2}{n_1}$; $\frac{D_1}{d_2}$	$n_2 = i_1 \cdot n_1$
		i_2	$\frac{n_m}{n_2}$; $\frac{D_2}{d_m}$	$D_2 = i_2 \cdot d_m$
Тройная		J	$\frac{n_m}{n_1}$; $\frac{D_1 \cdot D_2 \cdot D_3}{d_2 \cdot d_3 \cdot d_m}$; $i_1 \cdot i_2 \cdot i_3$	
		i_1	$\frac{n_2}{n_1}$; $\frac{D_1}{d_2}$	$n_2 = i_1 \cdot n_1$
		i_2	$\frac{n_3}{n_2}$; $\frac{D_2}{d_3}$	$D_3 = i_2 \cdot d_3$ $n_3 = i_2 \cdot n_2$
		i_3	$\frac{n_m}{n_3}$; $\frac{D_3}{d_m}$	$D_3 = i_3 \cdot d_m$

Пример: $d_m = 18$ *см*; $n_m = 1200$; $n_1 = 200$.

$J = n_m : n_1 = 1200 : 200 = 6$; так как $J > 5$, нужно взять двойную передачу; $J = i_1 \cdot i_2 = 2 \cdot 3 = 6$; $i_1 = D_1 : d_2 = 2$; D_1 выбран в 80 *см*; тогда $d_2 = D_1 : 2 = 40$ *см*; $D_2 = i_2 \cdot d_m = 3 \cdot 18$ *см* $= 54$ *см*.

Проверка: $J = \frac{D_1 \cdot D_2}{d_2 \cdot d_m} = \frac{80 \cdot 54}{40 \cdot 18} = 6$.



L = длина ремня	α	$\sin\alpha = \frac{D-d}{2E}$
L' = приближенная длина ремня	L	$\pi\frac{(D+d)}{2} + \pi\frac{(D-d)}{2}\ \frac{\alpha}{90} + \sqrt{4E^2-(D-d)^2}$
Нижние знаки + применять для перекрестных ремней.	L'	$\pi\frac{(D+d)}{2} + \frac{1}{E}\left(\frac{D-d}{2}\right)^2 + 2E$

Определение диаметров шкивов для малых расстояний между осями.

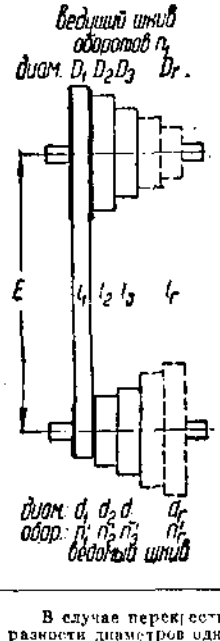
Число оборотов (передаточные числа) должны быть членами геометрической прогрессии со знаменателем φ.

φ = до 1,5 для мелких градаций в изменениях скорости

φ = „ 1,5—2 „ больших „ „ „ „

r = число ступеней шкива.

$$\varphi = \sqrt[r-1]{\frac{n_r'}{n_1'}}$$



	n_1	в е д у щ е г о в а л а			
Число обор. в мин.	n_1'	$= n_1 \cdot i_1$	Передат. число	i_1	$= \frac{n_1'}{n_1};\ \frac{D_1}{d_1}$
	n_2'	$= n_1' \cdot \varphi$		i_2	$= i_1 \cdot \varphi$
	n_3'	$= n_1' \cdot \varphi^2 = n_2'\varphi$		i_3	$= i_1 \cdot \varphi^2 = i_2 \cdot \varphi$
	n_r'	$= n_1' \cdot \varphi^{r-1} = n_{r-1}' \cdot \varphi$		i_r	$= i_1 \cdot \varphi^{r-1} = i_{r-1} \cdot \varphi$

Зависимость между диаметром, числом оборотов и передаточным числом.

$$d = \frac{D}{i} = \frac{D \cdot n_1}{n'};\quad D = d \cdot i = \frac{d \cdot n'}{n_1}$$

$$i = \frac{D}{d} = \frac{n'}{n_1};\quad n_1 = \frac{n'}{i} = \frac{n' \cdot d}{D}$$

Определение диаметров шкивов

a) дано E, L, i. $\left(k = E \cdot \pi\frac{i+1}{i-1}\right)$

$$d = \frac{1}{i-1}\left(\sqrt{k^2 + 4E\ L - 2E)} - k\right)\quad D = i \cdot d$$

b) дано E, L, d.

$E = d + a$; a = разность диаметров пары шкивов

$$a = -\pi \cdot E + \sqrt{E(1{,}696\ E + 4L - 12{,}566 \cdot d)}$$

В случае перекрестных ремней или если E больше, чем десятикратная величина разности диаметров одной пары шкивов, сумма диаметров двух соответствующих шкивов берется постоянной для всех передаточн. чисел.

Разность диаметров третьей пары ступеней:

$$a = -\pi \cdot 1000 + \sqrt{1000\,(1{,}8696 \cdot 1000 + 4 \cdot 2818{,}4 - 12{,}566 \cdot 180)} = -3141{,}6 +$$
$$+ \sqrt{10\,881\,320} = -3141{,}6 + 3298{,}7 = 157{,}1 \text{ мм.}$$
$$d_m = D_3 + a = 180 + 157{,}1 = 337{,}1 \text{ мм.}$$

Проверка: Длина ремня для второй пары ступеней:

$$L = \pi\,\frac{240 + 280{,}7}{2} + \frac{1}{1000}\left(\frac{280{,}7 - 240}{2}\right)^2 + 2000 = 2818{,}3 \text{ мм.}$$

Для третьей пары

$$L = \pi\,\frac{180 + 337{,}1}{2} + \frac{1}{1000}\left(\frac{337{,}1 - 180}{2}\right)^2 + 2000 = 2818{,}5 \text{ мм.}$$

III. Дана одна пара ступеней $D_1 = 300$ *мм*; $d_2 = 220$ *мм*; $E = 1000$ *мм*. Определить диаметры другой пары при той же длине ремня, если передаточное число $= 3:1$.

$$L = 2818 \text{ мм (расчет см. пример II)};\ i_2 = 3;$$

$$d_3 = \frac{1}{i_2 - 1}\left[\sqrt{k_2^2 + 4E(L - 2E)} - k_2\right];$$

$$k_2 = 1000 \cdot \pi\,\frac{3+1}{3-1} = 6283{,}2;$$

$$d_3 = \frac{1}{3-1}\left[\sqrt{39\,478\,602 + 4000\,(2818 - 2000)} - 6283{,}2\right]$$

$$= \frac{1}{2}(6538{,}4 - 6283{,}2) = 127{,}6 \text{ мм.}$$

$$D_3 = i_2 \cdot d_3 = 3 \cdot 127{,}6 \text{ мм} = 382{,}8 \text{ мм.}$$

Проверка: $L = \pi\,\dfrac{382{,}8 + 127{,}6}{2} + \left(\dfrac{382{,}8 - 127{,}6}{2}\right)^2 \cdot \dfrac{1}{1000} +$

$$+ 2000 = 2818 \text{ мм.}$$

Нормальные числа оборотов в минуту трансмиссий

(по ОСТ 1656).

25	36	56	90	140	225	360	560	900	1400
28	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600
32	45	71	112	180	280	450	710	1120	1800
	50	80	125	200	320	500	800	1250	

ЗУБЧАТЫЕ КОЛЕСА.

1. Цилиндрические колеса.

Терминология. Применительно к наиболее распространенному в машиностроении эвольвентному виду зацепления ниже перечислены главнейшие термины зубчатого зацепления (рис. 163).

1. Начальная окружность (с диаметром D_t) — идеальная окружность, длина которой кратна произведению числа зубцов на шаг, при измерении по которой у точных колес ширина впадины равна толщине зубца и которая при вращении зубчатого колеса катится без скольжения по аналогичной окружности парного зубчатого колеса.

2. Основная окружность (с диаметром 2ρ) — идеальная окружность, по которой происходит перекатывание прямой — образующей прямой, воспроизводящей стороны зубцов колеса, очерченные по эвольвенте.

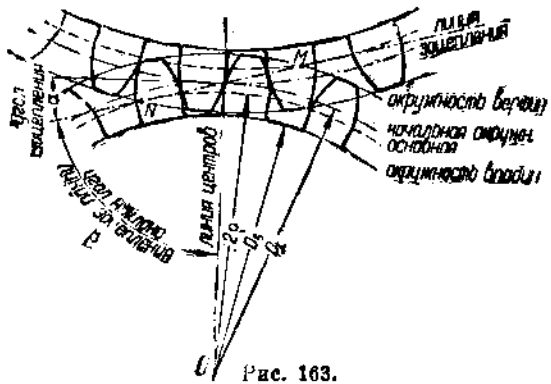


Рис. 163.

3. Образующая прямая — в эвольвентном зацеплении — линия, точки которой при обкатывании ее по основной окружности создают эвольвенту — сторону зуба; по этой же прямой происходит перемещение точек касания зубцов парных колес и вдоль этой прямой направлено давление ведущего колеса на ведомое, так как эта прямая нормальна к сторонам зубцов обоих колес в точке их касания.

4. Линия зацепления — участок образующей прямой, на котором происходит касание зубцов парных колес.

5. Эвольвента (развертка окружности) — кривая, ограничивающая верхние участки сторон зубцов при эвольвентном зацеплении, очерчиваемая точками образующей прямой при качении последней по основной окружности.

6. Угол зацепления α — угол, образованный линией зацепления с нормалью к линии центров зубчатых колес.

7. Угол наклона линии зацепления β — угол, образованный линией зацепления и линией центров зубчатых колес.

8. Окружность вершин (с диаметром D_a) — окружность, ограничивающая вершины головок зубцов колес.

9. Окружность впадин (с диаметром D_e) — окружность, проходящая через дно впадин зубцов.

Виды зацепления. В настоящее время применяются главным образом два вида зацепления, определяющие профиль зубцов колес — эвольвентное (применяется чаще всего) и циклоидальное (отмирает, теперь применяется очень редко) [1].

---

[1]) Даже в часовом деле, где циклоидальное зацепление было господствующим, теперь имеются тенденции перейти на эвольвентное зацепление (с зубцами с удлиненным основанием).

Циклоидальное зацепление. Профиль основания зубцов колеса *I*, очерчиваемый по гипоциклоиде, образован качением образующей окружности *A* по начальной окружности *B* (рис. 164). Профиль головки зубцов колеса *I*, очерчиваемый по эпициклоиде, образован качением образующей окружности *C* по начальной окружности *B*. Для получении профиля зубцов колеса *II* следует катать образующие окружности *A* и *C* по начальной окружности *D* (приближенное построение профиля зубцов см. том 2, фрезерование, построение гипоциклоиды и эпициклоиды см. стр. 98). Диаметры образующих окружностей следует выбирать тем большими, чем длиннее должна быть линия зацепления и чем меньше должно быть давление на оси колес; с другой стороны при очень больших диаметрах образующих окружностей *A* и *C* основания зубцов получаются утоненными и слабыми, и возникает увеличенное трение и износ зубцов. Большей частью принимают $\rho = 0{,}4\ R$. При больших передаточных числах на большом колесе следует принимать $\rho_1 = 0{,}2\ R_1$ на меньшем колесе $\rho_2 = 0{,}4\ R_2$; иногда также выбирают ρ в зависимости от модуля: $\rho = 2{,}75\ M$. Линия зацепления *NM* (т. е. места касания зубцов парных колес) находится на производящих окружностях и ограничена пересечением производящих окружностей с окружностями вершин зубчатых колес. Продолжительность зацепления определяется отношением длины линии зацепления к шагу: $\frac{\widehat{NM}}{t}$; она должна быть не менее 1,2. Преимуществами циклоидальных колес являются их относительно малый износ по сравнению с эвольвентным зацеплением и вследствие этого продолжительный спокойный ход благодаря благоприятному прилеганию зубцов (выступ с впадиной) и возможность получить удовлетворительное зацепление в колесах с малым числом зубцов (до $z = 11$). Их недостатки заключаются в необходимости точно устанавливать при сборке расстояния между осями (иначе возникнет неравномерное вращение) и в дороговизне их изготовления (так как головка и основание зубцов очерчены разными кривыми и так как их нельзя изготовлять способом катания). Вследствие этих недостатков циклоидальное зацепление применяется очень редко, главным образом в часовых механизмах, а также для очень крупных единичных передач, где требуется продолжительное особенно спокойное зацепление и где обеспечена неизменность расстояния между осями, иногда для необработанных колес.

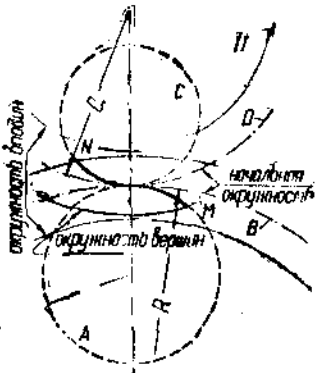


Рис. 164.

Эвольвентное зацепление. Профиль головки и часть основания зубцов образованы эвольвентой, полученной катанием образующей прямой по основной окружности, диаметр которой должен быть меньше D_t [1]) Линия зацепления касательна к основным окружностям сцепляющихся колес, вследствие чего ее угол наклона β к линии центров определяет радиусы ρ основных окружностей:

$$\rho = \frac{D_t}{2} \sin \beta.$$

[1]) Приближенный способ построения профиля эвольвентных зубцов — см. том 2, фрезерование, точный способ построения эвольвенты — см. стр. 99.

В СССР применяется большей частью $\beta = 75°$, для каковой величины и изготовляется весь зуборезный инструмент; на Западе начинает получать распространение $\beta = 70°$. Если $\beta = 75°$, то $\rho_0 = 0{,}966\, R_p$, если $\beta = 70°$, то $\rho = 0{,}940 R_p$. Профиль той части основания зуба, которая находится внутри основной окружности, образуется радиальной прямой, продолжающей эвольвенту.

Уменьшение угла β до 70° влечет за собой уменьшение наинизшего допустимого числа зубцов, которое еще может быть получено способом катания без подрезания зубцов. При $\beta = 75°$ наименьшее число зубцов 30, при $\beta = 70°$ наименьшее число зубцов (не подрезанных) — 17. Кроме того уменьшение β понижает потери на трение, с другой стороны уменьшение β вызывает увеличение давления на вал колеса и уменьшение длины дуги зацепления, т. е. некоторое снижение плавности хода.

Линия зацепления (т. е. места касания пары зубцов за время их соприкосновения) NM находится на образующей прямой и ограничена пересечением этой прямой с окружностями вершин обоих колес. Продолжительность зацепления, характеризующая плавность хода, $\varepsilon = \frac{NM}{t \sin \beta}$. Наибольшими теоретическими значениями ε для $\beta = 75°$ является 2,54, для $\beta = 70°$ $\varepsilon = 1{,}98$ (для наружного зацепления). ε не должно быть меньше 1,2.

Очень большим преимуществом эвольвентных зубцов является возможность легко изготовлять их, в частности способом катания. Кроме того, колеса с эвольвентными зубцами допускают без вреда для равномерности вращения (в неизношенном состоянии) изменение расстояния между осями колес при их сборке. Эти два преимущества сделали эвольвентное зацепление господствующим. Недостатком эвольвентных зубцов является неблагоприятное для их износа (в смысле неравномерности) относительное скольжение зубцов и высокое удельное давление их друг на друга (прикосновение зубцов — выступ с выступом). Кроме того, в эвольвентном зацеплении при малом числе зубцов возникает подрезание зубцов, что ослабляет последние.

Рис. 165.

Рейка представляет собою пластинку с нарезанными на ней зубцами (рис. 165). Для эвольвентного зацепления профиль зубцов рейки определяется модулем и углом наклона линии зацепления; боковые стороны зубцов обычно бывают ограничены прямыми линиями. Угол наклона этих прямых линий к оси зубца α равен $90° - \beta$, где β — угол наклона линии зацепления. Для распространенного в СССР угла наклона линии зацепления $\beta = 75°$, угол между сторонами нарезки рейки $2\alpha = 30°$ [1]).

На рис. 166 изображен профиль зубца рейки, который можно положить в основу вычерчивания профиля червячной фрезы для получения эвольвентного зацепления (см. том 2, фрезерование). При указанном профиле радиальный зазор между зубцами принят в 0,2 M, однако может быть принят от $^1/_6$ M и до 0,25 M; большая величина радиального зазора в особенности желательна для шлифованных зубцов. Ось, проходящая по середине зубцов рейки за вычетом радиального зазора, называется модульной прямой.

---

[1]) Применяются и другие углы между сторонами нарезки. Напр. в Германии нормализован $\beta = 70°$; поэтому в этом случае угол между сторонами нарезки $2\alpha = 40°$.

Подрезанные зубцы, т. е. с ослабленными основаниями, на эвольвентных колесах при изготовлении их методом катания возникают в тех случаях, когда выбрано (для данного угла наклона β линии зацепления) слишком малое число зубцов. По следующей формуле, зная число зубцов большого колеса z_2 и угол β, можно вычислить наименьшее число зубцов малого колеса z_1 при котором еще можно не делать подрезания зубцов:

$$z_1 \geq \frac{z_2^2 \cdot \cos^2\beta - 4}{4 - 2z_2 \cdot \cos^2\beta}; \quad \text{для} \quad \beta = 75^\circ \; z_1 \geq \frac{0{,}067\, z_2^2 - 4}{4 - 0{,}135 z_2}.$$

По этой формуле получится, что для сцепления с рейкой z_1 должно быть не меньше 30 (для $\beta = 70^\circ$ — не меньше 17); при сцеплении одинаковых колес минимальное $z_1 = z_2 = 21$ (для $\beta = 70^\circ$ — соответств. 12). Если малое колесо имеет число зубцов, меньшее вычисленного по формуле и изготовлено без подрезания, то вращение колес в новом состоянии не может быть спокойным. Подрезанные зубцы изготовляются червячными фрезами способом катания или же строганием по шаблонам. Дисковыми фрезами подрезанные зубцы с впадиной, расширяющейся от начальной окружности ко дну канавки, вообще не могут быть изготовлены.

Устранение подрезания зубцов при эвольвентном зацеплении. Подрезания зубцов можно избежать следующими путями:

1. Уменьшить угол β (для этого нужно изготовить специальный зуборезный инструмент, так как обычно в настоящее время инструмент изготовляется для $\beta = 75^\circ$).

2. Увеличить расстояние между осями колес против расчетного (этим искусственно понижается β), что, однако, вызовет мертвый ход в сцеплении.

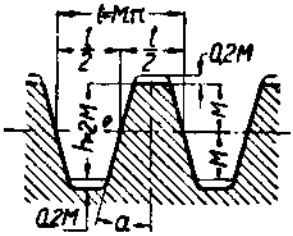


Рис. 166.

3. Уменьшить высоту головки зубцов (срезать головку зуба на большом колесе).

Высоту срезанной головки зубцов большого колеса можно найти из формулы (где z_2 — для большого колеса, z_1 — для малого):

$$h_2 = \frac{M}{2}\left(\sqrt{(z_1^2 + 2z_1 \cdot z_2)\cos^2\beta + z_2^2} - z_2\right);$$

зная z_2 и z_1 (которое меньше 30), определяют h_2. Наименьшую величину головки зуба при таком расчете получает рейка. Укороченная высота h_2 головки зуба на рейке для данного числа зубцов z_1 шестеренки может быть найдена по формуле:

$$h_2 = \frac{M \cdot z_1 \cdot \cos^2\beta}{2};$$

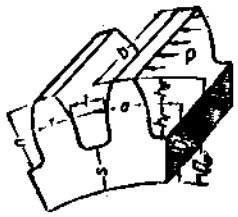
для $\beta = 75^\circ$ $h_2 = 0{,}0335\; M \cdot z_1$. Следует, однако, иметь в виду, что срезание вершины головки понижает продолжительность зацепления.

4. Применить на зубчатых колесах (при стандартных зуборезных инструментах для $\beta = 75$ или 70°) утолщенные зубцы, [1]) что достигается отодвиганием зуборезного инструмента (червячной фрезы, рабо-

[1]) В Германии они называются V-зубцы (фау-зубцы).

Главнейшие формулы, относящиеся к цилиндрическим колесам.

Ищется		Обозначение	Решение	
Модуль		M	$\frac{t}{\pi}$; $\frac{D_a}{z+2}$; $\frac{D_t}{z}$; $\frac{D_a - D_t}{2}$	
Шаг *мм*		t	$M \cdot \pi$; $\frac{D_t \cdot \pi}{z}$; $\frac{D_a \cdot \pi}{z+2}$; $l+a$; $\frac{P}{b \cdot c}$; $\sqrt[3]{\frac{450000 \cdot N}{k \cdot z \cdot n} \cdot \frac{t}{b}}$ [1]	
Число зубцов		z (z_1; z_2; z_3 и т. д.)	$\frac{D_t}{M}$; $\frac{D_a - 2M}{M}$; $\frac{D_t \pi}{t}$	
Наружный диаметр *мм*		D_a	$M(z+2)$; $D_t + 2M$; $\frac{t}{\pi}(z+2)$	
Диаметр начальной окружности *мм*		D_t	$D_a - 2M$; $z \cdot M$; $\frac{t}{\pi} z$	
Ширина зубца *мм*		b	Для передачи больш. момент. при мал. скор. $2t$; $6M$	Для обыкн. передачи от $2t$ до $3t$; от 6 до 10 M / Для передачи значит. мощн. с больш. числ. оборотов—от 3 до 6 t или от 10 до 20 M
Высота зубца *мм*		h	$2{,}167\ M$; $2{,}167\ \frac{t}{\pi}$; $0{,}7\ t$	
Высота основания *мм*		h_1	$1{,}167\ M$; $1{,}167\ \frac{t}{\pi}$	
Высота головки *мм*		h_2	M; $\frac{t}{\pi}$	
Зазор при вершине *мм*		x	$0{,}2\ M$	
Измеренные по начальной окружности	Толщина зубца *мм*	a	$\frac{M \cdot \pi}{2}$; $\frac{t}{2}$ для необработ. колес $\frac{19}{40}$ до $\frac{39}{80}\ t$	
	Ширина впадины *мм*	l	$\frac{M \cdot \pi}{2}$; $\frac{t}{2}$	



[1]) t при вычислении по этой формуле в *см*, N в ЛС.

Ищется	Обозначение	Решение
Толщина венца *мм*	s	Приблиз. 0,5 t
Передаваемая мощность ЛС	N	$\frac{P \cdot v}{75}$; $\frac{M_{кр} \cdot n}{71620}$
Давление на зубец *кг*	P	$\frac{M_{кр}}{R_t}$; $\frac{N\,75}{v}$; $\frac{71620\,N}{R_t \cdot n}$; $k \cdot b \cdot t$
Крутящий момент *кг/см*	$M_{кр}$	$\frac{P \cdot D_t}{2}$; $71620\,\frac{N}{n}$
Число оборотов в минуту	n	$\frac{v \cdot 60 \cdot 1000}{D_t \cdot \pi}$; $71620\,\frac{N}{M_{кр}}$
Окружная скорость на начальной окружности в *м*/сек.	v	$\frac{n \cdot D_t \cdot \pi}{60 \cdot 1000}$ (D_t в *мм*)
Коэфициент определяющ. напряжение материала	k	См. табл. стр. 576
Расстояние между осями	E	$\frac{z_2 + z_1}{2}\,M$; $\frac{D_t + d_t}{2}$

тающей обкаткой) от центра заготовки на величину, определяемую в зависимости от числа зубцов малой шестерни (рис. 167) по формуле:

$$\text{смещение фрезы } V = \frac{z_0 - z_v}{z_0}\,M,$$

где z_0 — предельное минимальное число зубцов нормальной шестерни без подрезанных зубцов, z_v — то же предельное минимальное число зубцов шестерни с утолщенными зубцами. Для $\beta = 75°$, $z_0 = 30$. Практически, однако, незначительное подрезание может быть терпимо; поэтому в качестве z_0 иногда принимают 25 зубцов; для $\beta = 70°$, z_0 выбирают 17 (или соответственно 14). Например для получения неподрезанных зубцов у шестерни с 12 зубцами при модуле $= 2$ *мм* зуборезную фрезу нужно отодвинуть от оси заготовки на величину $V = \frac{30-12}{30}\,M = 1{,}2$ *мм*

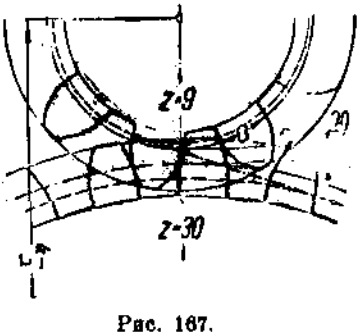


Рис. 167.

или, если мирятся с небольшим подрезанием, то $V = \frac{25-12}{30} M = 0{,}87$ *мм*.

Чтобы получить нормальную высоту зубцов, увеличивают диаметр заготовки колес на величину 2V, т. е. $D_a^V = (z_V + 2) M + 2V$. Однако, при числах зубцов z_V меньших 11 (или соотв. 9) вершина головки зубцов получается острой, так как эвольвенты пересекаются внутри наружных окружностей; поэтому z_V не должно быть меньше 9, сумма же зубцов не должна быть меньше 20. Утолщенные зубцы на начальной окружности колеса (расположенной на расстоянии V от начальной окружности парного не утолщенного колеса) имеют толщину больше нормальной, а именно:

$$a = \frac{t}{2} + 2V \cdot \operatorname{tg} \alpha,$$

где α — половина угла между сторонами нарезки червячной фрезы (α обычно $= 15°$, в Германии принимают α также $20°$). Расстояние между осями двух колес с утолщенными зубцами при отсутствии между ними мертвого хода больше нормального и вычисляется по формуле:

$$E_V = \left(\frac{z_{V_1} + z_{V_2}}{2} + \lambda\right) M,$$

где величина λ зависит только от суммы чисел зубцов и берется из помещенной ниже таблицы, составленной для $\alpha = 15°$.

Зазор при вершине утолщенных зубцов определяется из формулы: $(\psi - \nu)M$, где $\psi \cdot M$ — нормальный зазор, принимаемый обычно в $0{,}2M$, ν же зависит от суммы чисел зубцов и берется из помещенной ниже таблицы. Очень часто зазор оказывается недопустимо малым или же получает отрицательную величину. В случае нулевого зазора колесо нужно сточить по наружному диаметру на величину удвоенной разницы между нормальным зазором (т. е. $\psi \cdot M$) и полученным из формулы $(\psi - \nu)M$, если желают получить нормальную величину зазора.

$z_{V_1} + z_{V_2}$	ν	λ	$z_{V_1} + z_{V_2}$	ν	λ
18	0,315	0,752	36	0,032	0,405
20	0,273	0,727	38	0,016	0,354
22	0,234	0,699	40	0,033	0,300
24	0,200	0,667	42	0,022	0,244
26	0,168	0,632	44	0,014	0,186
28	0,140	0,593	46	0,008	0,125
30	0,116	0,550	48	0,002	0,065
32	0,095	0,505	50	0	0
34	0,078	0,455			

Число зубцов в ответственных передачах нужно брать возможно бо́льшим; его выбор определяется необходимой толщиной зубца, диаметром начальной окружности и окружной скоростью малого колеса. Малое число зубцов экономит место в зубчатых передачах и несколько удешевляет их изготовление, с другой же стороны при малом числе зубцов увеличивается их износ и уменьшается продолжительность зацепления, а при чрезмерно малом числе зубцов ослабляются их основания. Для ответственных передач число зубцов малых шестерен нежелательно делать меньше 25 для эвольвентных колес (если не приняты

утолщенные V-зубцы). Для зубчатых передач сложных и дорогих установок (напр. у водяных турбин), передающих большие мощности при высоких скоростях, z на малом колесе не делают меньше 60. С другой стороны, при очень малых скоростях числа зубцов могут быть значительно меньше. Так, для ручных лебедок число зубцов малых шестерен не должно быть меньше 13 и лишь в исключительных случаях 10. В электрических лебедках подъемных механизмов, работающих с невысокими скоростями, z не должно быть меньше 18, в исключительных случаях — 12, при высоких же скоростях не менее 20, в исключительных случаях — 16. Только в переносных ручных домкратах на шестеренках иногда допускают до 4 зубцов.

Зазор между сторонами зубцов определяется предполагаемыми ошибками изготовления зубцов и неточностью сборки. При необработанных зубцах зазор принимается до 0,05 t, при обработанных зубцах в общем машиностроении зазор — от 0,025 до 0,013 t. При особо точных зубцах, также и шлифованных, зазор доводится до 0,15 *мм* при средних размерах зубцов ($M = 6$ *мм*).

Толщину зубцов необработанных принимают $\approx 0{,}475\ t$, обработанных — 0,487 t, или 0,494 t и до 0,5 t. Ширину впадин принимают от 0,525 t для необработанных зубцов и 0,513 t или 0,506 t и до 0,5 t для обработанных. Зубцы делаются различной толщины лишь при различных материалах обоих колес, резко отличающихся по прочности; напр., при чугунных и парных с ними деревянных зубцах первые делаются толщиной 0,35 — 0,38 t, вторые $\approx 0{,}6\ t$.

Передаточное число двух находящихся в сцеплении зубчатых колес определяется отношением чисел оборотов (ведомого к ведущему) $i = \frac{n_2}{n_1}$, или отношением чисел зубцов (ведущего колеса к ведомому) $i = \frac{z_1}{z_2}$, или отношением диаметров их начальных окружностей (ведущего к ведомому) $i = \frac{d_t}{D_t}$.[1]) В тех случаях, когда при рассмотрении передачи не задается ведомое и ведущее колеса, передаточное число обозначается целым числом, т. е. отношением диаметра начальной окружности большого колеса к соответственному диаметру малого колеса. Так как при высокой окружной скорости колес особенно важно иметь правильную форму профиля зубцов, при которой получается наименьший износ, выбор передаточного числа ставят в зависимость и от окружной скорости, потому что чем больше передаточное число, тем меньше число зубцов на малой шестеренке и тем менее выгодным в отношении износа становится очертание зубцов (более выпуклым). При очень медленно вращающихся колесах (напр. при ручных лебедках с необработанными зубцами) i принимают до 8, самое большее — 12; при электрических лебедках при v от 3 до 5 *м*/сек. i = от до 7 до 4; при окружных скоростях больших 5 *м*/сек. i принимают от 6 до 3. Кроме того следует учитывать продолжительность работы передачи и при непрерывно работающих передачах принимать меньшее передаточное число, при работе с перерывами — большее.

Для зубчатых колес, работающих с постоянной нагрузкой, полезно выбирать простые передаточные числа, напр. 2, 3 и т. д., так как в этом

[1]) Указанная условность в понимании передаточного числа прочно не привилась еще в технической литературе, однако проведение ее желательно, чтобы устранить неопределенность выражений при рассмотрении зубчатых передач.

Определение передаточного числа в зубчатых передачах

Расположение колес	Ищется	Обозначение	Решение
ведущее колесо	Число оборотов ведущего вала в минуту	n_1	
	Число оборотов в минуту ведомого вала	n_2	$n_1 \cdot i$; $\frac{n_1 \cdot z_1}{z_2}$
	Расстояние между осями *мм*	E	$\frac{z_1 + z_2}{2} \cdot$ модуль
	Передаточное число	i	$\frac{z_1}{z_2}$; $\frac{n_2}{n_1}$
	Число зубцов ведущего колеса	z_1	$i \cdot z_2$; $\frac{n_2 \cdot z_2}{n_1}$
ведомое колесо	Число зубцов ведомого колеса	z_2	$\frac{z_1}{i}$; $\frac{z_1 \cdot n_1}{n_2}$

Число оборотов (и передаточные числа) обычно бывают членами геометрической прогрессии:

$$\varphi = \sqrt[r-1]{\frac{n_r'}{n_1'}},$$ где r = количество изменений в числе оборотов.

Ведущие колеса
Число оборотов: n
Число зубцов: z_1 z_2 z_3 z_r

Число зубцов: z_1 z_2 z_3 z_r
Число оборотов: n_1 n_2 n_3 n_r
Ведомые колеса

Число обор. в мин.	n_1	Ведущий вал	Передаточ. числа	i_1	$\frac{n_1'}{n_1}$; $\frac{z_1}{z_1'}$
	n_1'	$n_1 \cdot i_1$; $\frac{n_1 \cdot z_1}{z_1'}$		i_2	$i_1 \cdot \varphi$
	n_2'	$n_1 \cdot \varphi$		i_3	$i_1 \cdot \varphi^2$
	n_3'	$n_1' \cdot \varphi^2$		i_r	$i_1 \cdot \varphi^{r-1}$; $i_{r-1} \cdot \varphi$
	n_r'	$n_1' \cdot \varphi^{r-1}$; $n_{r-1}' \cdot \varphi$			
Сумма чисел зубцов двух парных колес		a	$= z_1 + z_1' = z_2 + z_2'$ $= z_3 + z_3' = z_r + z_r'$		
Число зубцов ведомых колес	z_1'	$\frac{z_1}{i_1}$; $\frac{n_1 \cdot z_1}{n_1'}$	Число зубцов ведущих колес	z_1	$i_1 z_1$; $\frac{n_1' \cdot z_1'}{n_1}$
	z_2'	$\frac{z_2}{i_1 \cdot \varphi}$; $\frac{z_2 \cdot n_1}{n_1' \cdot \varphi}$		z_2	$i_1 \cdot \varphi \cdot z_2'$; $\frac{n_1' \cdot \varphi \cdot z_2'}{n_1}$
	z_3'	$\frac{z_3}{i_1 \cdot \varphi^2}$; $\frac{z_3 \cdot n_1}{n_1' \cdot \varphi^2}$		z_3	$\frac{i_1 \cdot \varphi^2}{n_1' \cdot \varphi^2 \cdot z_3'}$ / n_1
	z_r'	$\frac{z_r}{i_1 \cdot \varphi^{r-1}}$ $\frac{z_r \cdot n_1}{n_1 \cdot \varphi^{r-1}}$		z_r	$i_1 \cdot \varphi^{r-1}$ $\frac{n_1' \cdot \varphi^{r-1} \cdot z_r'}{n_1}$

случае зубцы быстро прирабатываются и колеса получают плавный ход благодаря постоянно сцепляющимся друг с другом одним и тем же зубцам. При сильно меняющейся же нагрузке, наоборот, выгоднее брать передаточные числа более сложные, напр. 53:29, 37 : 19 и т.д., чтобы быстрое повышение давления не всегда приходилось на одни и те же зубцы. Впрочем, чтобы особенно не затруднять прирабатывание зубцов, передаточное число можно и не выбирать составленным из простых чисел, но при сильно меняющейся нагрузке обязательно нужно, чтобы оно не было целым числом, чтобы при неспокойно работающей передаче износ зубцом был равномерным.

Коэфициент полезного действия для пары необработанных зубчатых колес колеблется от 0,90 до 0,95, для обработанных колес 0,94—0,98 (высшие цифры относятся к очень хорошей смазке). При очень тщательной смазке и шлифованных колесах η может быть доведен даже до 0,97 — 0,99.

Наибольшее допустимое число оборотов зависит от точности изготовления зубцов, продолжительности зацепления и свойства материала. Наибольшие допустимые скорости на окружности будут:

2,5— *м* в сек.	для литых колес (также и стальных).
2,5— 5 „ „ „	„ „ с нарезанными зубцами.
5—10 „ „ „	„ особенно тщательно нарезанных, чугунных зубчатых колес и для стальных колес, закаленных в масле.
10—30 „ „ „	для особо тщательно нарезанных шевронных колес с шлифованными зубцами из хромоникелевой стали, закаленных в масле.

Благодаря лучшим условиям работы зубчатые колеса с внутренним зацеплением производят меньше шума, чем обыкновенные зубчатые колеса.

Внутреннее зацепление. Это зацепление осуществляется 2 цилиндрическими колесами разной величины; меньшее из них, обычное цилиндрическое колесо, находится в сцеплении с большим колесом, снабженным внутренними зубцами. Начальные окружности соприкасаются друг с другом, находясь одна в другой; оба колес имеют одинаковое направление вращения. Профиль зубцов на меньшем колесе очерчен по развертке, на большом колесе боковая поверхность зубца получает вогнутую форму.

При изготовлении большего колеса за одно целое со ступицей нужно иметь в виду, что между внутренними концами зубцов и диском, соединяющим обод со ступицей, необходимо оставить кольцевое пространство шириною в 10—20 *мм* для выхода нарезающего зубцы инструмента. При внутреннем зацеплении шестерня может иметь в крайнем случае лишь на два зубца меньше, чем верхнее колесо; если же его нужно для расцепления отводить в сторону в радиальном направлении, то оно должно иметь по крайней мере на 15 зубцов меньше большого колеса. При меньшей разнице в числе зубцов выключение передачи возможно лишь путем перечисления шестерни в осевом направлении.

Модули зубчатых колес

(по ОСТ 1597).

0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1; 1,25; 1,5; 1,75; 2; 2,25; 2,5; (2,75); 3; (3,25); 3,5 (3,75); 4; (4,25); 4,5; 5; 5,5; 6; 6,5; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 18; 20; 22; 24; 26; 28; 30; 33; 36; 39; 42; 45; 50.

Данный ряд модулей распространяется на все виды зубчатых колес: цилиндрические, конические, червячные и винтовые (для последних берется нормальный шаг). Модулей, поставленных в скобки, по возможности не применять. В случаях, когда необходимо применять модули, превышающие 50 *мм*, следует брать числа, кратные пяти. Для конических зубчатых колес модуль определяется по большему диаметру

Расчет зубчатых колес на прочность производится в предположении, что лишь один из зубцов воспринимает на себя все усилия от парного колеса, и что притом это усилие приложено на вершине головки зуба; такое допущение делается для того, чтобы учесть возможные ошибки изготовления зубчатых колес. Расчет следует производить по следующим формулам:

1. Если задано усилие P, действующее на зубец колеса (оно может быть найдено как частное от деления $M_{кр}$ на радиус начальной окружности колеса), то

$$P = k \cdot b \cdot t;$$

отсюда

$$t = \sqrt{\frac{P}{k} \cdot \frac{t}{b}}.$$

Здесь $\frac{t}{b}$ принимается обычно от $^1/_2$ до $^1/_4$.[1])

2. Если задана передаваемая мощность N, число оборотов n и число зубцов одного из колес z, то шаг определяется по формуле

$$t = \sqrt[3]{\frac{450000}{k \cdot z} \cdot \frac{t}{b} \cdot \frac{N}{n}} \text{ см.}$$

3. Если задано число зубцов одного из колес z и передаваемый крутящий момент $M_{кр}$, то

$$t = \sqrt{\frac{6{,}3 \cdot M_{кр}}{k \cdot z} \cdot \frac{t}{b}} \text{ см.}$$

Во всех этих случаях величину k можно брать, руководствуясь текстом на стр. 574—575 и таблицей стр. 576.

Определив величину шага t, можно вычислить все остальные элементы зубцов при помощи формул, помещенных на стр. 568—569, или же непосредственно пользуясь таблицей на стр. 578 (в зависимости от величины модуля M).

Коэфициент k, определяющий прочность зубцов, следует выбирать в зависимости от окружной скорости колес и примененного материала, пользуясь таблицей на стр. 576, где приведены значения для k_0. Величины k_0, указанные в таблице, годятся в качестве k лишь для передач, работающих спокойно, без ударов и непродолжительное время. Неспокойная или продолжительная работа должна быть учтена следующим

[1]) При бо́льшей ширине b зуба обычно не достигается разгрузки зубцов, т. к. из-за неточности установки колес и погрешностей в их изготовлении обычно возникает давление на края зубцов из-за перекоса их друг относительно друга), вследствие чего вся ширина зубца редко используется в передаче усилия; по этой причине лишь при наиболее точных колесах отношение $\frac{t}{b}$ делают меньше $^1/_4$ (но не меньше обычно $^1/_7$).

образом: при моторном приводе величину k_0 следует умножить на коэфициент X_1 — на 0,75 до 0,5, в зависимости от степени неравномерности и продолжительности работы с полной нагрузкой, при ручном приводе — на 0,95 до 0,8. Кроме того, при резко меняющей свое направление нагрузке полученный результат следует дополнительно умножить на $X_2 = 0{,}85$. Если применены подрезанные зубцы, то ослабление их также следует учитывать дополнительным снижением коэфициента прочности на X_3, а именно: при эвольвентном зацеплении при 19 зубцах k следует дополнительно умножить на 0,95, при 17 зубцах — на 0,93, при 14 — на 0,85, при 12 — на 0,75 (если $\beta = 75°$). Так как, однако, подрезания зубцов, как указано выше, легко избегнуть, то в современных передачах это подрезание приходится учитывать редко.

Таким образом коэфициент k, входящий в приведенные выше формулы, должен состоять из табличной величины k_0, умноженной в общем случае на X_1, X_2 и X_3, т. е. $k = k_0 \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot X_3$.

Примеры расчета зубчатых колес. 1. Определить основные размеры спокойно работающей зубчатой передачи с фрезерованными чугунными зубцами, которая должна передавать 8 ЛС, причем одно из колес ∅ 400 *мм* должно делать 250 оборотов в минуту.

Скорость на окружности этого колеса

$$v = \frac{n \cdot D_l \cdot \pi}{60 \cdot 100} = \frac{250 \cdot 40 \cdot \pi}{60\ 100} = 5{,}25 \text{ м/сек.}$$

$$P = \frac{N75}{v} = \frac{8 \cdot 75}{5{,}25} = 114 \text{ кг}$$

$P = k \cdot b \cdot t$; принимая $b = 3t$, находим $P = k \cdot 3t^2$; отсюда

$$t = \sqrt{\frac{114}{3k}} = \sqrt{\frac{114}{15 \cdot 3}} = 1{,}59 \text{ см.}$$

$$M = \frac{15{,}9}{\pi} \approx 5 \text{ мм.}$$

или окончательно

$$t = M \cdot \pi = 15{,}7 \text{ мм.}$$

2. Определить размеры зубцов для неспокойной работы, при ударном приложении нагрузки (напр. для прессов) при передаче 8 ЛС, $D_l = 400$ *мм*, $n = 250$ об/мин.

Определив v и P, как указано в предыдущем примере, находим k, который в данном случае равен:

$$k = k_0 \cdot X_1 = 15 \cdot 0{,}5 = 7{,}5 \text{ кг/см}^2.$$

Поэтому

$$t = \sqrt{\frac{114}{3k}} = \sqrt{\frac{114}{7{,}5 \cdot 3}} \approx 2{,}25 \text{ см}$$

$$M = \frac{22{,}5}{\pi} \approx 7 \text{ мм,}$$

окончательно

$$t = M \cdot \pi = 21{,}991 \text{ мм.}$$

Величины k_0 для расчета зубчатых колес (кг/см²).

Материал	Окружная скорость v в м/сек.														
	0,3	0,5	1	2	2,5	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15
Чугун высшего качества	30(27)	28(26)	27(24)	24(22)	24(21)	23	21	20	19	17	16	16	15	13	12
„ *обыкновенный* . .	24(21)	23(20)	22(19)	19(18)	19(17)	18	17	16	15	14	13	12	12	10	9
Стальное литье	54(48)	51(46)	49(44)	44(40)	43(39)	41	39	36	34	32	30	28	27	24	21
То же высш. кач.	75(67)	70(64)	68(61)	61(56)	60(54)	57	54	50	47	44	42	39	37	34	30
Поковки из март. стали .	84(75)	80(72)	76(69)	69(63)	67(60)	64	60	56	53	49	47	44	42	38	33
То же высш. кач.	109(90)	95(86)	90(82)	82(75)	80(72)	77	72	67	63	59	56	53	50	45	40
Инструмент. сталь	100(90)	95(86)	90(82)	82(75)	80(72)	77	72	67	63	59	56	53	50	45	40
Никелевая сталь незакал.	90(81)	85(77)	82(74)	74(67)	72(65)	69	65	60	57	53	50	47	45	40	36
То же высш. кач.	120(108)	114(103)	109(96)	96(90)	96(86)	92	86	80	75	71	67	63	60	54	48
Хромоник. сталь, цемент и шлиф.	150(135)	142(129)	136(123)	123(112)	120(108)	115	108	100	94	88	84	79	75	68	60
То же высш. кач.	270(243)	256(232)	246(221)	221(200)	216(194)	208	194	181	170	159	151	143	135	122	108
Дельта-металл литой . .	72(67)	68(62)	65(59)	54(54)	57(51)	55	51	48	45	42	40	38	36	32	28
То же прокованный . . .	81(72)	77(69)	74(66)	66(61)	65(58)	62	58	54	51	47	45	43	40	36	32
Фосфор. бронза	51(45)	48(44)	46(42)	42(38)	41(36)	39	36	34	32	30	28	27	25	23	20
Кожа	15(13)	14(13)	13(12)	12(11)	12(10)	11	10	10	9	8	8	8	7	6	6
Буковое дерево при толщ. основ. зуба 0,6 t . . .	10(9)	9(8)	9(8)	8(7)	8(7)	7	7	6	6	6	5	5	5	4	4

Цифры в скобках относятся к необработанным колесам.

Допускаемое давление на зубец P в *кг* для чугунных колес с обработанными зубцами при нормальной их ширине = 10 × модуль [1]).

v в *м/сек.*	Модуль =													
	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5	(2.75)	3	(3,25)	3,5	(3.75)	4	(4,25)
0,25	9	14	20	27	3[illegible]	45	55	66	79	95	108	124	141	159
0,50	8	13	19	26	34	43	54	64	76	89	104	119	136	153
1	8	13	18	25	33	41	51	61	74	86	100	115	131	147
2	7	11	16	22	29	37	45	54	65	76	88	102	116	130
3	7	10	15	20	26	33	41	50	59	69	81	93	106	119
4	6	9	13	18	24	30	37	45	54	63	73	84	96	108
5	6	9	13	17	23	29	35	43	51	60	69	80	91	102
6	5	8	12	15	21	27	33	40	48	56	65	75	86	96
7	5	8	11	14	2[illegible]	25	[illegible]1	38	45	53	61	70	80	91
8	4	7	10	13	18	22	27	35	40	46	54	62	70	79
9	4	6	9	12	16	21	25	33	37	43	5[illegible]	57	65	74
10	4	6	8	11	15	19	24	28	34	40	46	53	60	68
11	3	5	8	10	14	17	22	26	31	36	42	49	53	62
12	3	5	7	10	13	16	20	24	28	33	38	44	50	57

v в *м/сек.*	Модуль =										
	4,5	5	5,5	6	6,5	7	8	9	10	11	12
0,25	178	220	266	317	371	431	563	713	880	1065	1267
0,50	172	212	256	305	358	416	543	687	848	1026	1221
1	165	204	247	294	345	400	523	662	817	988	1176
2	146	181	218	260	305	354	462	585	723	874	1041
3	134	165	199	238	279	323	422	534	660	798	950
4	121	149	180	215	252	292	382	483	597	722	860
5	114	141	171	204	239	277	362	458	565	684	814
6	108	134	161	192	226	262	342	433	534	646	769
7	102	126	151	181	212	246	321	407	502	608	724
8	89	110	133	158	186	215	281	356	440	532	633
9	83	102	123	147	172	200	261	331	408	494	588
10	76	94	114	136	159	185	241	305	377	456	543
11	70	86	104	124	146	169	221	280	346	418	498
12	64	79	95	113	133	154	201	254	314	380	452

v в *м сек.*	Модуль =										
	13	14	15	16	18	20	22	24	26	28	30
0,25	1487	1724	1980	2252	2850	3520	4259	5064	5947	6896	7920
0,50	1433	1663	1909	2172	2748	3394	4107	4887	5735	6650	7633
1	1380	1601	1838	2091	2647	3268	3955	4708	5522	6404	7350
2	1221	1416	1626	1850	2341	2891	3498	4163	4885	5665	6502
3	1115	1293	1484	1689	2138	2640	3194	3801	4460	5172	5937
4	1009	1170	1343	1528	1934	2388	2890	3439	4036	4680	5371
5	956	1108	1272	1448	1832	2263	2738	3258	3823	4433	5089
6	903	1047	1202	1367	1730	2137	2586	3077	3611	4187	4806
7	849	985	1131	1287	1629	2011	2434	2896	3398	3941	4523
8	743	862	990	1126	1425	1760	2129	2534	2974	3448	3958
9	690	800	919	1046	1323	1634	1977	2353	2761	3202	3675
10	637	739	848	965	1221	1508	1825	2172	2549	2956	3392
11	584	677	776	885	1120	1383	1673	1991	2336	2709	3110
12	531	616	707	804	1018	1257	1521	1810	2124	2463	2827

[1]) См. стр. 574.

Размеры зубцов в зависимости от модуля (применительно к остроконечным модулям).

Модуль	M	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75
Шаг мм	t	0,942	1,257	1,571	1,885	2,199	2,51	3,142	3,927	4,712	5,498
Шир. впад. = толщ. зуб. „	$l = a$	0,471	0,628	0,785	0,942	1,099	1,256	1,571	1,963	2,356	2,749
Высота основания „	h_1	0,350	0,467	0,583	0,700	0,817	0,934	1,167	1,458	1,750	2,042
Высота головки „	h_2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75
Высота зуба $h_1 + h_2$ „	h	0,650	0,867	1,083	1,300	1,517	1,734	2,167	2,708	3,25	3,792
Модуль	M	2	2,25	2,5	(2,75)	3	(3,25)	3,5	(3,75)	4	(4,25)
Шаг мм	t	6,283	7,069	7,854	8,639	9,425	10,210	10,996	11,781	12,566	13,351
Шир. впад. = толщ. зуб. „	$l = a$	3,142	3,534	3,927	4,320	4,712	5,105	5,498	5,891	6,283	6,675
Высота основания „	h_1	2,333	2,625	2,917	3,208	3,5	3,791	4,083	4,375	4,666	4,958
Высота головки „	h_2	2	2,25	2,5	2,75	3	3,25	3,5	3,75	4	4,25
Высота зуба $h_1 + h_2$ „	h	4,333	4,875	5,417	5,958	6,5	7,041	7,583	8,125	8,666	9,208
Модуль	M	4,5	5	5,5	6	6,5	7	8	9	10	11
Шаг мм	t	14,137	15,708	17,279	18,850	20,420	21,991	25,132	28,274	31,416	34,558
Шир. впад. = толщ. зуб. „	$l = a$	7,069	7,854	8,639	9,425	10,210	10,995	12,566	14,137	15,708	17,279
Высота основания „	h_1	5,25	5,833	6,416	7	7,583	8,166	9,333	10,499	11,666	12,833
Высота головки „	h_2	4,5	5	5,5	6	6,5	7	8	9	10	11
Высота зуба $h_1 + h_2$ „	h	9,75	10,833	11,916	13	4,083	15,166	17,333	19,499	21,666	23,833
Модуль	M	12	13	14	15	16	18	20	22	24	26
Шаг мм	t	37,699	40,841	43,982	47,124	50,266	56,549	62,832	69,115	75,398	81,682
Шир. впад. = толщ. зуб. „	$l = a$	8,85	20,42	21,991	23,562	25,133	28,274	31,416	34,557	37,699	40,841
Высота основания „	h_1	14	15,166	16,332	17,499	18,666	21	23,332	25,665	28	30,332
Высота головки „	h_2	12	13	14	15	16	18	20	22	24	26
Высота зуба $h_1 + h_2$ „	h	26	28,166	30,332	32,499	34,666	39	43,332	47,665	52	56,332
Модуль	M	28	30	33	36	39	42	45	50		
Шаг мм	t	87,695	94,248	103,669	113,094	122,518	131,943	141,367	157,075		
Шир. впад. = толщ. зуб. „	$l = a$	43,982	47,124	51,834	56,547	61,259	65,971	70,688	78,537		
Высота основания „	h_1	32,665	35	38,511	42,012	42 513	49,014	52,515	58,350		
Высота головки „	h_2	28	30	33	36	39	42	45	50		
Высота зуба $h_1 + h_2$ „	h	60,665	65	71.511	78,012	84,513	91,014	97,515	108,350		

Примечание: Модулей, заключенных в скобки, по возможности не применять.

Диаметральный шаг и шаг по начальной окружности.

В странах с английской системой мер зубчатые колеса рассчитываются и по диаметральному шагу (Diametral-pitch) и по шагу по окружности (Circular-pitch).

Диаметральным шагом D_p обозначают число зубцов, соответствующее 1 дюйму диаметра начальной окружности, шагом по окружности — величину шага в дюймах, измеренного по начальной окружности.

$$\text{Diametral-pitch} — D_p = \frac{3{,}14}{C_p} = \frac{25{,}4}{M}$$

$$\text{Circular-pitch} — C_p = \frac{3{,}14}{D_p} = \frac{M}{8{,}09}$$

$$\text{Модуль} — M = \frac{25{,}4}{D_p} = 8{,}09 \cdot C_p$$

Диаметральный шаг	1	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/4	2 1/2
Модуль	25,4	20,32	16,93	14,51	12,7	11,29	10,16
Шаг	79,8	63,84	53,19	45,58	39,9	35,47	31,92
Диаметральный шаг	2 3/4	3	3 1/2	4	5	6	7
Модуль	9,23	8,47	7,26	6,35	5,08	4,23	3,63
Шаг	29	26,61	22,81	19,95	15,96	13,29	11,40
Диаметральный шаг	8	9	10	11	12	14	16
Модуль	3,17	2,82	2,54	2,31	2,12	1,81	1,59
Шаг	9,96	8,86	7,98	7,26	6,66	5,69	5
Диаметральный шаг	18	20	22	24	26	28	30
Модуль	1,41	1,27	1,15	1,06	0,98	0,91	0,85
Шаг	4,43	3,99	3,61	3,33	3,08	2,86	2,67

Шаг по окружности в дюймах	1/16	1/8	3/16	1/4	5/16	3/8	7/16
Модуль	0,505	1,01	1,51	2,02	2,52	3,03	3,53
Шаг	1,586	3,17	4,74	6,35	7,92	9,52	11,09
Шаг по окружности в дюймах	1/2	9/16	5/8	11/16	3/4	13/16	7/8
Модуль	4,04	4,54	5,05	5,56	6,06	6,57	7,08
Шаг	12,69	14,26	15,87	17,47	19,04	20,63	22,24
Шаг по окружности в дюймах	15/16	1	1 1/16	1 1/8	1 3/16	1 1/4	1 5/16
Модуль	7,58	8,09	8,59	9,10	9,60	10,11	10,62
Шаг	23,81	25,42	26,99	28,59	30,16	31,76	33,36
Шаг по окружности в дюймах	1 3/8	1 7/16	1 1/2	1 5/8	1 3/4	1 7/8	2
Модуль	11,12	11,62	12,13	13,14	14,15	15,17	16,18
Шаг	34,93	36,49	38,11	41,28	44,45	47,66	50,83

Формулы для расчета зубчатых колес при английских обозначениях

(все размеры в дюймах).

Ищется	Обозначение	Формулы для расчета
Диаметральный шаг (Diametral pitch)	D_p	$\frac{z}{D_t}$; $\frac{z+2}{D_a}$; $\frac{3{,}1416}{C_p}$
Шаг *по окружности* (Circular pitch)	C_p	$\frac{3{,}1416\ D_t}{z}$; $\frac{3{,}1416\ D_a}{z+2}$; $\frac{3{,}1416}{D_p}$
Наружный диаметр колеса . .	D_a	$\frac{z+2}{D_p}$ · $\frac{(z+2)\,C_p}{3{,}1416}$; $D_t+2\,h_2$
Диаметр начальной окружности	D_t	$\frac{z}{D_p}$; $\frac{z\cdot C_p}{3{,}1416}$
Число зубцов	z	$D_a\cdot D_p-2$; $D_t\cdot D_p$
Ширина впадины (измеренная по дуге окружности) . . .	t	$\frac{1{,}5708}{D_p}$; $\frac{C_p}{2}$
Толщина зуба (измеренная по дуге окружности)	a	$\frac{1{,}5708}{D_p}$; $\frac{C_p}{2}$
Высота зуба	h	$\frac{2{,}1571}{D_p}$; $0{,}6897\ C_p$
Высота головки	h_2	$\frac{D_a}{z+2}$; $\frac{D_t}{z}$; $\frac{1}{D_p}$; $0{,}3183\ C_p$
Высота основания	h_1	$\frac{1{,}1571}{D_p}$; $0{,}37\ 4\ C_p$
Расстояние между осями колес с числами зубцов z_1 и z_2 .	E	$\frac{z_1+z_2}{2\ D_p}$; $\frac{(z_1+z_2)\,C_p}{6{,}283\ 2}$ (См. стр. 569)

Пример. Колесо имеет 30 зубцов при диаметре начальной окружности в 5″; тогда:

$$D_p=\frac{30}{5}=6'';\quad C_p=\frac{3{,}14}{6}=0{,}''523;\quad D_a=\frac{30+2}{6}=5{,}''333.$$

Проверка размеров зубцов зубчатых колес. За исключением колес для цепной передачи, величина шага зубчатых колес, толщина зубцов и ширина впадин между зубцами относятся всегда к начальной окружности, т. е. *должны измеряться* по дуге.

Но так как раздвижной калибр (рис. 169) для зубцов дает только величину s (рис. 168) хорды для дуги n-o, то точная толщина зубца будет в действительности больше указанной прибором, и при малом числе зубцов может получиться весьма заметная разница между показанием прибора и фактической длиной дуги n-o.

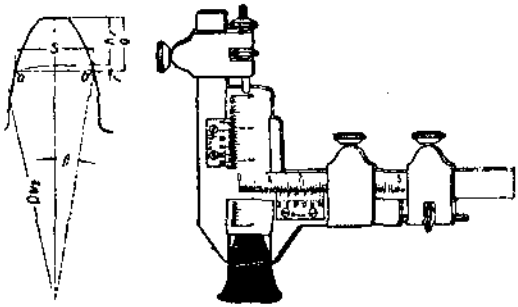


Рис. 168. *Рис. 169.*

Определение величин s и q, на которые необходимо установить передвижной калибр при проверке зубца, дается в следующей таблице.

Высота головки зубца . .	h_2	M
Стрелка дуги	r	$\frac{D_t}{2}(1-\cos\beta)$; $\frac{z\cdot M}{2}(1-\cos\beta)$
Центральный угол	β	$\frac{90^\circ}{z}$
Размер, на который следует установить прибор для проверки толщины зуба	s	$D_t \sin\beta$; $M\cdot z\cdot\sin\beta = M\cdot s'$ $t\frac{z}{\pi}\sin\beta = t\cdot s''$ (см. стр. 582)
Размер, на который следует установить прибор для проверки высоты головки	q	h_2+r; $M\left[\frac{z}{2}(1-\cos\beta)+1\right] = M\cdot q'$ $t\frac{1}{\pi}\left[\frac{z}{2}(1-\cos\beta)+1\right] = t\cdot q''$ (см. стр. 582)

Пример. При колесе с 12 зубцами и с модулем, равным 15, толщина зубца по начальной окружности будет равна

$$\frac{t}{2} = \frac{D_t\cdot\pi}{2\cdot z} = \frac{12\cdot 15\cdot\pi}{24} = 23{,}56 \text{ мм}; \ \angle\beta = \frac{90^\circ}{12} = 7^\circ 30'.$$

Длина же хорды $s = D_t\cdot\sin\beta = 180\cdot 0{,}13053 = 23{,}49$, т. е. на 0,07 *мм* меньше чем $\frac{t}{2}$. Величина $q = h_2 + r = 15 + \frac{180}{2}(1-0{,}99144) = 15{,}77$ *мм*. Поэтому калибр для проверки зубца данного колеса нужно установить таким образом, чтобы толщина зубца $= 23{,}49$ *мм*, а высота головки зубца $= 15{,}77$ *мм*.

Нижеследующая таблица облегчает нахождение q и s.

Примеры: 1. Дано $z = 12$; $M = 15$;

$$q = q' \cdot M = 1{,}0513 \cdot 15 = 15{,}77;\ s = s' \cdot M = 1{,}5663 \cdot 15 = 23{,}49$$

2. Дано $z = 12$; $t = 47{,}124$.

$$q = q'' \cdot t = 0{,}3346 \cdot 47{,}124 = 15{,}77;\ s = s'' \cdot t = 0{,}4985 \cdot 47{,}124 = 23{,}19.$$

Таблица для нахождения величин q и s,

необходимых для установки раздвижного калибра для зубцов

$$q = q' \cdot M = q'' \cdot t;\ s = s' \cdot M = s'' \cdot t.$$

Число зубцов цилиндрического колеса	По системе модуля		По шагу в *мм*	
	q'	s'	q''	s''
10	1,0615	1,5643	0,3376	0,4979
11	1,0559	1,5654	0.3360	0,4982
12	1,0513	1,5663	0,3346	0,4985
13	1,0473	1 5669	0,3333	0,4987
14	1,0140	1,5675	0,3323	0,4989
15	1,0410	1,5679	0,3313	0,4990
16	1,0385	1,5682	0,3305	0,4991
17	1,0362	1,5685	0,3298	0,4992
18	1,0342	1,5688	0,3291	0,4993
19	1,0324	1,5690	0,3286	0,4994
20	1,0308	1,5691	0,3281	0,4994
21	1,0293	1,5693	0,3276	0,4994
22	1,0280	1,5694	0,3272	0,4995
23	1,0268	1,5695	0,3268	0,4995
24	1,0256	1,5696	0,3264	0,4996
25	1,0245	1,5697	0,3260	0,4996
26	1,0237	1,5698	0,3258	0,4996
27	1,0228	1,5699	0,3255	0,4996
28	1,0220	1,5699	0,3253	0,4996
29	1,0212	1,5700	0,3250	0,4997
30	1,0206	1,5700	0,3248	0,4997
32	1,0192	1,5701	0,3244	0,4997
34	1,0183	1,5702	0,3241	0,4997
35	1,0176	1,5702	0,3239	0,4997
38	1 0162	1,5703	0,3234	0,4998
40	1,0154	1,5703	0,3232	0,4998
42	1,0146	1,5704	0,3229	0,4998
45	1,0137	1,5704	0,3226	0,4998
48	1 0128	1,5705	0,3223	0,4998
50	1,0123	1,5705	0,3222	0,4998
55	1,0112	1,5705	0,3218	0,4998
80	1,0077	1,5706	0,3209	0,4999
135	1,0015	1,5707	0,3197	0,4999
Зубчат. рейка	1,0000	1,5708	0,3183	0,5000

2 Конические колеса.

Угол при вершине начального конуса конических колес колеблется в пределах от нуля (которому соответствует цилиндрическое колесо) до 180° (при котором получается круговая рейка). В помещенной ниже таблице формул для конических колес под термином „Угол наружного конуса зубцов = γ" следует понимать половину угла конуса, т. е. угол, заключенный между осью колеса и его образующей, проходящей через вершину зубца. Изготовление и установка конических колес при сборке требует очень большой тщательности; если зубцы не имеют точной формы, если при установке не достигнуто совпадения вершин конусов и если угол между их осями не равняется точно полусумме углов при вершине обоих конусов, то всегда получается плохое зацепление зубцов. Результатом указанных недостатков могут являться большие потери в передаваемой работе, сильный шум и быстрое изнашивание зубцов. Особенное внимание надо обратить на устройство опор и на размеры вала, на котором помещено коническое колесо, так как возникающие при работе износ и прогиб вала крайне неблагоприятно отражаются на сцеплении колес между собою.

Поэтому следует строго придерживаться при изготовлении и установке конической передачи выяснившихся при ее проектировании величин углов и линейных размеров.

Так как при изменении передаточного числа *изменяется угол наклона* зубцов к оси колеса, то ни в коем случае нельзя заменять одно из колес конической передачи другим с увеличенным или уменьшенным количеством зубцов; это можно допустить лишь при условии соответствующей перестановки осей обоих конических колес.

Для конических колес применяются те же материалы, что и для цилиндрических — чаще всего чугун и сталь. Последняя применяется там, где приходится иметь дело с большими усилиями и ударами при работе. Впрочем, для больших скоростей *стальные незакаленные* колеса подходят менее чугунных в виду их более скорого изнашивания. Закаленные стальные колеса нашли себе широкое применение в автомобилестроении. Наилучшие результаты получаются при применении двух различных материалов для одной пары колес; *чаще всего комбинируют* дерево с чугуном, чугун со сталью или сталь с бронзой. Меньшее колесо обычно изготовляется из более стойкого материала. Если передача должна производить возможно меньше шума, то колеса заставляют работать в масляной ванне или *для меньшего колеса употребляют кожу* или фибру; последняя годится впрочем лишь для небольших давлений на зубец.

Для получения профиля зубцов обычно вычерчивают последние на развернутых по *плоскости дополнительных конусах; но этот общеупотребительный* прием может дать лишь приблизительную точность. Для получения строго теоретически-правильных очертаний зубцов их следовало бы вычерчивать на поверхности с центром C, имеющей радиус $C—B$ (рис. 170).

Дополнительный конус получается по основному конусу, так как оба они имеют общую ось, а образующие их нормальны друг другу.

Утонения зубцов у их основания (подрезания зубцов) избегают путем *увеличения диаметров колес, т. е. тем же способом*, что и у цилиндрических колес (см. стр. 567).

При изготовлении конических колес обычно задаются числом передаваемых ЛС, числом оборотов в минуту, размерами ступицы и образуемым *осями колес углом. Внешний диаметр ступицы обычно берется* = = 2 × диаметр отверстия в ней. Расстояния U и u до конца ступиц

Расчет конических колес
(угол между осями 90°).

Ищется	Решение			
	Обозначение	Большое колесо	Обозначение	Малое колесо
Модуль	M	$\frac{t}{\pi}$; $\frac{D_t}{z_1}$	M	$\frac{t}{\pi}$; $\frac{d_t}{z_2}$
Шаг	t	$M\cdot\pi$; $\frac{D_t\cdot\pi}{z_1}$	t	$M\cdot\pi$; $\frac{d_t\cdot\pi}{z_2}$
Диаметр начальной окружности	D_t	$z_1\cdot M$; $\frac{t\cdot z_1}{\pi}$	d_t	$z_2\cdot M$; $\frac{t\cdot z_2}{\pi}$
Наружный диаметр	D_a	$D_t+2M\cdot\cos\alpha_1$	d_a	$d_t+2M\cdot\cos\alpha_2$
Число зубцов	z_1	$\frac{D_t}{M}$; $\frac{D_t\cdot\pi}{t}$	z_2	$\frac{d_t}{M}$; $\frac{d_t\cdot\pi}{t}$
Угол между осями	A	$90^\circ=\alpha_1+\alpha_2$		
Угол начального конуса	α_1	$90^\circ-\alpha_2$; $\operatorname{tg}\alpha_1=\frac{D_t}{d_t}=\frac{z_1}{z_2}$	α_2	$90^\circ-\alpha_1$; $\operatorname{tg}\alpha_2=\frac{d_t}{D_t}=\frac{z_2}{z_1}$
Угол головки зубца	β_1	$\gamma_1-\alpha_1$; $\operatorname{tg}\beta_1=\frac{2\sin\alpha_1}{z_1}$	β_2	$\gamma_2-\alpha_2$; $\operatorname{tg}\beta_2=\frac{2\cdot\sin\alpha_2}{z_2}$
Угол наружного конуса зубцов	γ_1	$\alpha_1+\beta_1$; $\operatorname{tg}\gamma_1=\frac{z_1+2\cos\alpha_1}{z_1-2\sin\alpha_1}$	γ_2	$\alpha_2+\beta_2$; $\operatorname{tg}\gamma_2=\frac{z_2+2\cos\alpha_2}{z_1-2\sin\alpha_2}$
Угол дополнительн. конуса	δ_1	$90^\circ-\alpha_1$; $\operatorname{ctg}\delta_1=\frac{D_t}{d_t}=\frac{z_1}{z_2}$	δ_2	$90^\circ-\alpha_2$; $\operatorname{ctg}\delta_2=\frac{d_t}{D_t}=\frac{z_2}{z_1}$
Длина образующей конуса	s	$\frac{D_a}{2\sin\gamma_1}=\frac{d_a}{2\sin\gamma_2}$		
Высота конуса	Q	$\frac{1}{2}D_a\cdot\operatorname{ctg}\gamma_1$	q	$\frac{1}{2}d_a\cdot\operatorname{ctg}\gamma_2$
Расстояние от задней плоскости ступицы до вершины конусов	K	$\frac{D_t}{2}\operatorname{ctg}\alpha_1+U$	k	$\frac{d_t}{2}\operatorname{ctg}\alpha_2+u$
Расстояние задней плоск. ступицы от точки пересеч. образующей нач. конуса с нач окружностью	U	$\frac{5z_1\cdot r}{4z_2}$ (r — радиус вала)	u	$\frac{d_t}{15}+6$

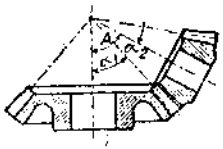
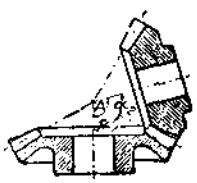
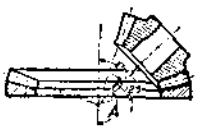
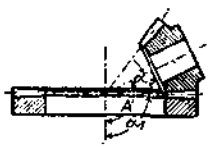
Размеры зубцов, число передаваемых ЛС, число оборотов и т. п, рассчитываются по данным таблицы на стр. 568—569.

Расчет конических колес

(угол между осями $\gtrless 90°$).

Для конических колес, оси которых не лежат под углом в 90°, углы α_1 и α_2 определяются по следующим уравнениям

$$\operatorname{ctg}\alpha_1 = \frac{z_2}{z_1 \cdot \sin A} + \operatorname{ctg} A; \qquad \operatorname{ctg}\alpha_2 = \frac{z_1}{z_2 \cdot \sin A} + \operatorname{ctg} A.$$

	Острый угол между осями колес. $\angle A$ меньше 90°.
	Тупой угол между осями колес. $\angle A$ больше 90°. Точка пересечения осей лежит над плоскостью начальной окружности большого колеса.
	Внутреннее коническое зацепление. $\angle A$ больше 90°. Точка пересечения осей лежит под плоскостью начальной окружности большого колеса. (Этого способа передачи следует по возможности избегать в виду трудности изготовления большого колеса).
	Сцепление конического колеса с круговой рейкой. $\angle A$ больше 90°; точка пересечения осей лежит на начальной окружности большого колеса. Здесь $\alpha_1 = 90°$; $\alpha_2 = A - 90°$.

нужно брать по возможности малыми. Чем меньше U и u, тем меньше вал подвергается изгибу и тем равномернее работают зубцы. Размеры конических колес находятся по формулам, приведенным на стр. 584.

Во всем остальном расчет ведется так же, как и для цилиндрических колес. Усилие, которое может передавать зубец, однако, здесь неодинаково для разных мест по длине зубца; оно прямо пропорционально квадрату расстояния рассматриваемого сечения зубца до оси колеса.

Рассчитываемую пару конических колес изображают на чертеже по рис. 170. Сначала наносят на чертеж оси колес под заданным углом A, затем чертят начальные окружности D_t и d_t, касающиеся друг друга в B. Соединив точку пересечения осей C с концами отрезков D_t и d_t

получают так называемые начальные конуса. Половину угла между осями называют углом начальных конусов (α_1 и α_2).

$$\Delta = \alpha_1 + \alpha_2.$$

Точки пересечения образующих начальных конусов с начальными окружностями обозначены на рис. 170 через G, B, I. В этих точках и на расстоянии b (длина зубца) от них проводят линии, перпендикулярные к образующим начальных конусов, чем устанавливается начало и конец зубца по его длине. На наружной поверхности зубца откладывают по рис. 170 вверх высоту головки $h_2 =$ модулю и вниз глубину впадины зубца $h_1 = 1{,}166$ модуля, после чего через полученные точки и пересечение осей C проводят прямые, устанавливающие вершину зубца и его основание. Размеры остальных элементов колес и их форма определяются условиями работы конической передачи.

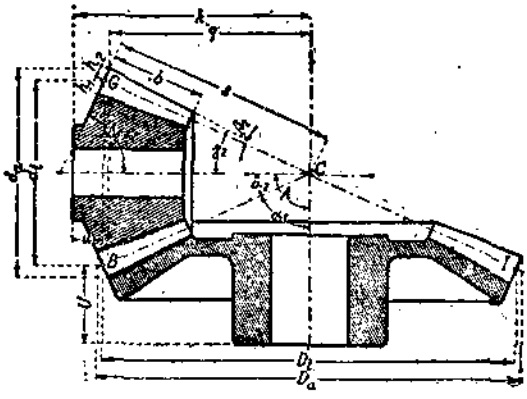


Рис. 170.

Размеры зубцов, в зависимости от передаваемых ЛС, числа оборотов n и т. п. рассчитываются по данным таблицы на стр. 568—569.

3. Винтовые зубчатые колеса.

Винтовыми зубчатыми колесами называются цилиндрические колеса с расположенными по винтовой линии зубцами (рис. 171). Их можно рассматривать как цилиндрические колеса, винтовые линии зубцов которых образовались путем относительного поворота бесконечно тонких слоев этого колеса в определенном направлении на одну и ту же величину. Благодаря зубцам, направленным по винтовой линии, винтовые колеса даже и при большом шаге имеют спокойный без ударов ход и высокий коэфициент полезного действия. При перекрещивающихся в пространстве осях передаточное число не следует брать больше 5:1. Инструменты для образования зубцов должны соответствовать нормальному шагу t_n (т. е. шагу, перпендикулярному к винтовой линии), а не шагу t_{st} на торцевой плоскости (рис. 171). Далее, при винтовых колесах надо обращать внимание на направление вращения, так как при колесах с перекрещивающимися осями оно стоит в зависимости от направления винтовой линии. Оси двух работающих вместе винтовых колес могут быть либо скрещены (пересекаться в проекции), либо параллельны.

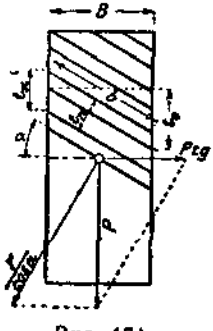


Рис. 171.

Винтовые колеса с параллельными осями благодаря дешевому изготовлению фрезерованием по способу катания находят себе

все большее и большее применение в промышленности. Они хорошо подходят для больших скоростей, вследствие более бесшумного хода, и в этих случаях работают лучше, чем цилиндрические колеса. Чтобы уменьшить осевое давление, возникающее благодаря косому расположению зубцов, угол наклона последних берут не более 20°; этот угол, однако, должен иметь по крайней мере такую величину, чтобы зубец на ширине B колеса отклонялся в сторону не менее чем на один шаг. Если ширина колеса взята равной тройному нормальному шагу (т. е. тройному шагу, измеренному в направлении, перпендикулярном направлению зубцов), то

$$\frac{t_n}{B} = \frac{t_n}{3t_n} = \sin\alpha = 0{,}3333;\ \alpha = 19°28'.$$

Оба колеса имеют одинаковые углы наклона зубцов и одинаковые нормальные шаги. При одном и том же угле наклона зубцов одно колесо имеет правые винтовые линии, другое—левые. Отношения диаметров колес пропорциональны передаточным числам.

Винтовые колеса с перекрещивающимися осями.

а) При колесах равных диаметров передаточное число между ними определяется разницей в величинах углов наклона зубцов (α_1 и α_2). Если β угол между осями колес, то должно иметь место равенство: $\alpha_1 + \alpha_2 = \beta$.

Ведущее колесо при этом получает больший угол наклона зубцов.

Направление винтовой линии одинаково у обоих колес, равно как и нормальный шаг. На рис. 172 и 173 указана зависимость *направления вращения* от наклона зубцов.

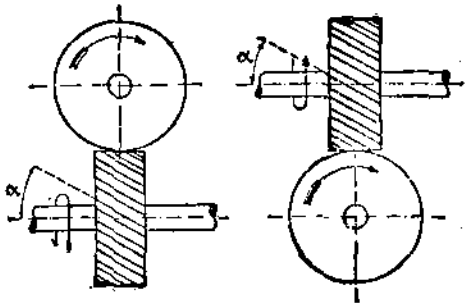


Рис. 172.

в) Передаточное число колес с одинаковым углом наклона зубцов ($\alpha_1 = \alpha_2$) определяется отношением их диаметров. Направление винтовой линии, нормальный шаг и шаг на торцевой плоскости колеса одинаковы для обоих колес. Если каждое из последних попеременно должно быть то ведущим, то ведомым, угол наклона зубцов на обоих колесах берется равным 45°.

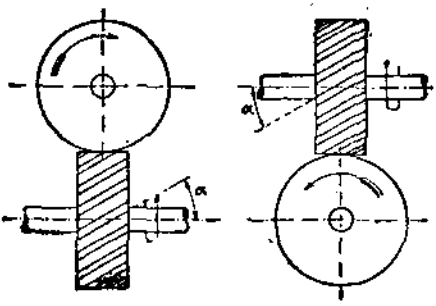


Рис. 173

Наиболее часто встречающийся случай: угол между перекрещивающимися осями $= 90°$ (т. е. $\alpha_1 + \alpha_2 = 90°$).

Если оба колеса имеют одинаковый диаметр и должны делать одно n_1, а другое n_2 оборотов в минуту, то

$$\operatorname{ctg}\alpha_1 = \frac{n_2}{n_1};\ \alpha_2 = 90° - \alpha_1$$

Передаточное число $i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{z_1}{z_2} = \frac{D_{t1}\cdot\cos\alpha_1}{d_{t2}\cdot\cos\alpha_2}$.

Здесь наиболее часто встречающимся передаточным числам соответствуют следующие углы наклона зубцов:

Передаточное число $n_2 : n_1$	Угол наклона зубцов	
	ведущего колеса α_1	ведомого колеса α_2
1 : 1	45°	45°
1 : 1½	56° 19′	33° 41′
1 : 2	63° 26′	26° 34′
1 : 2½	68° 12′	21° 48′
1 : 3	71° 34′	18° 26′
1 : 3½	74° 3	15° 57′
1 : 4	75° 58′	14° 2′
1 : 4½	77° 36′	12° 24′
1 : 5	78° 41′	11° 19′

Расчет винтовых колес с перекрещивающимися осями приходится вести очень осмотрительно, учитывая для каждого отдельного случая все привходящие обстоятельства. Допустимое давление на зубец изменяется в зависимости от углов между осями колес, их диаметров, наклонов зубцов, числа передаваемых ЛС, передаточного числа, материала колес, условий смазки. В зависимости от величины угла наклона зубцов и угла между осями расчет винтовых колес приближается то к расчету обыкновенных цилиндрических колес, то к расчету червячных передач. В самом деле, окружное усилие P при винтовых колесах раскладывается на нормальное давление перпендикулярно к направлению зубца равное $\frac{P}{\cos\alpha}$ и на осевое давление $P \cdot \operatorname{tg}\alpha$ (рис. 171). Для малых углов косинус почти равен 1, так что вместо $\frac{P}{\cos\alpha}$ можно принять просто P, как для обыкновенных цилиндрических зубчатых колес.

Величину коэфициента k, определяющего собой допустимое напряжение материала, для винтовых колес с параллельными осями берут такой же, что и для цилиндрических колес (стр. 576). Для скрещивающихся осей коэфициент k зависит от скорости скольжения v_g.

$$v_g = \frac{v}{\sin\alpha}.$$

В этом случае k выбирается из нижеследующей таблички:

$v_g =$	1	2	3	4	5	6	7	8	*м*/сек.
$k =$	22	17	14	12	10	9	8	7	*кг*/*см*².

Эти величины годятся лишь в том случае, если ведущее колесо стальное, а ведомое — бронзовое. Если оба колеса чугунные, то следует брать только 0,6 от этих величин.

Винтовые колеса годятся для передачи значительных сил лишь в том случае, если оси их параллельны. При винтовых колесах с перекрещивающимися осями для ведущих колес большей частью берут сталь, для ведомых — фосфористую или специальную бронзу. Колеса с перекрещивающимися осями требуют, как и червячная передача, особенно большой и притом непрерывной смазки; поэтому весьма рекомендуется применение колес, работающих в масляной ванне.

Расчет винтовых колес.

Ищется	Обозначение	Формулы для расчета
Модуль для нормального шага	M_n	$\frac{t_n}{\pi}$; $M_{st} \cdot \cos\alpha$
Модуль для шага на торцевой плоскости	M_{st}	$\frac{t_{st}}{\pi}$; $\frac{M_n}{\cos\alpha}$
Нормальный шаг *мм*	t_n	$t_{st} \cdot \cos\alpha$; $M_n \cdot \pi$
Шаг на торцевой плоскости *мм*	t_{st}	$\frac{t_n}{\cos\alpha}$; $\frac{M_n \cdot \pi}{\cos\alpha}$; $\frac{D_t \cdot \pi}{z}$
Наружный диаметр *мм*	D_a	$D_t + 2M_n$
Диаметр начальной окружности *мм*	D_t	$z\ M_{st}$; $\frac{z \cdot M_n}{\cos\alpha}$; $\frac{z \cdot t_n}{\pi \cdot \cos\alpha}$
Отклонение одного зубца от другого *мм*	t_0	$B \cdot \mathrm{tg}\,\alpha$
Ход винтовой линии зубца *мм*	a	$D_t \cdot \pi \cdot \mathrm{ctg}\,\alpha$
Угол наклона зубцов: ведущего колеса	α_1	Оси параллельны: $\alpha_1 = \alpha_2 =$ самое большее 20°. Оси скрещены: $\alpha_1 + \alpha_2 = \beta$; $\alpha_1 > \alpha_2$
Угол наклона зубцов: ведомого колеса	α_2	
Угол между осями	β	$\alpha_1 + \alpha_2$
Число зубцов	z	$\frac{D_t}{M_{st}}$; $\frac{D_t \cdot \pi}{t_{st}}$; $\frac{D_t \cdot \cos\alpha}{M_n}$
Длина зубца *мм*	b	$\frac{B}{\cos\alpha}$
Высота зубца *мм*	h	$2{,}1666 \cdot M_n$
Глуб. впадины зубца *мм*	h_1	$1{,}1666 \cdot M_n$
Высота головки зубца *мм*	h_2	M_n; $\frac{t_n}{\pi}$
Ширина колеса *мм*	B	$b \cdot \cos\alpha$; около $10 \cdot M$ или $3 \cdot t_n$
Число оборотов в мин.	n	
Окружная скорость *м*/сек.	v	$\frac{n \cdot D_t \cdot \pi}{6000}$ (D_t в *см*)
Скорость скольжения *м*/сек.	v_g	$\frac{n \cdot D_t \cdot \pi}{6000 \cdot \sin\alpha}$; $\frac{v}{\sin\alpha}$ (D_t в *см*)
Передаваемая мощность	N	
Давление на зубец *кг*	P	около $\frac{N \cdot 75}{v}$; $\frac{N \cdot 143200}{n \cdot D_t}$; $k \cdot B \cdot t_n$
Коэфиц. напряж материала	k	см стр. 576 и 588.

Зубцы винтовых колес прочнее, чем прямые зубцы обыкновенных цилиндрических колес той же ширины и шага, так как винтовые колеса рассчитываются по нормальному шагу, умноженному на ширину колеса и деленному на косинус угла наклона зубцов. Однако, увеличение прочности зубцов по сравнению с обыкновенными цилиндрическими колесами имеет место при винтовых и шевронных колесах лишь в том случае, если по меньшей мере хотя один зубец этих колес находится в каждый данный момент в сцеплении по всей своей длине; для винтовых же колес с перекрещивающимися осями сопротивление зубцов нормальному к ним усилию уже не будет больше, чем у *цилиндрических колес*, так как здесь зубцы касаются друг друга лишь на весьма небольших участках их поверхности.

Примеры расчета винтовых колес.

Пример 1. Расчет пары винтовых колес с параллельными осями.

Передаваемая мощность . . . . . = 8 ЛС
Передаточное число . . . . . = 1 : 3
Число оборотов ведущего колеса в минуту . . . . . = 150
Диаметр ведомого колеса d_t . . . . = прибл. 200 *мм*.

По табл. на стр. 589

$$v = \frac{150 \cdot 20 \cdot \pi}{6000} = 1{,}57 \text{ м/сек.} \quad P = \frac{8 \cdot 75}{1{,}57} = 382 \text{ кг.}$$

По табл. на стр. 576 для колес из хорошего чугуна

$$k = 24; \; B = 3t_n.$$

Эти величины подставляем в формулу:

$$P = B \cdot k \cdot t_n; \; 382 = 3t_n \cdot 24t_n; \; t_n^2 = \frac{382}{72}; \; t_n = 2{,}3 \text{ см};$$

$$M_n = \frac{t_n}{\pi} = \frac{23}{3{,}14} = 7{,}32,$$

модуль лучше взять равным 8; тогда

$$t_n = 8\pi; \; t_n = 25{,}133.$$

Угол наклона α винтовой линии должен быть таким, чтобы отступление одного конца зуба от другого t_0 было по меньшей мере равно шагу. Принимая $B = 3\,t_n$, в этом случае получим:

$$\frac{t_n}{B} = \frac{t_n}{3t_n} = \frac{1}{3} = 0{,}3333 = \sin\alpha; \; \alpha = 19^\circ 23',$$

$$t_{st} = \frac{t_n}{\cos\alpha} = \frac{25{,}133}{0{,}94284} = 26{,}66 \text{ мм};$$

$$B = 3t_n = 3 \cdot 25{,}133 \approx 80 \text{ мм};$$

$$b = \frac{B}{\cos\alpha} = \frac{80}{0{,}94284} \approx 85 \text{ мм}.$$

Число зубцов ведомого колеса:

$$z = \frac{d_t \cdot \pi}{t_{st}} = \frac{200 \; 3{,}14}{26{,}66} \approx 24.$$

Точный диаметр начальной окружности ведомого колеса:

$$d_t = \frac{z \cdot t_{st}}{\pi} = \frac{24 \cdot 26{,}56}{3{,}14} = 203 \text{ мм}.$$

Большее колесо получает, таким образом, $3 \cdot 24 = 72$ зубца и диаметр начальной окружности, равный $203 \cdot 3 = 609$ *мм*.

Пример 2. Расчет пары винтовых колес с перекрещивающимися осями.

Передаваемая мощность N	3 ЛС.
Передаточное число i	2 : 1.
Диаметр меньшего колеса d_t	20 *см*.
Число оборотов меньшего колеса в минуту n_2 .	350.
Угол между осями β	90°.

Колеса должны вращаться попеременно то в одну, то в другую сторону; поэтому

$$\alpha_1 = \alpha_2 = 45°;$$

$$v = \frac{n \cdot D \cdot \pi}{6000} = \frac{350 \cdot 20 \cdot 3{,}14}{6000} = 3{,}66 \text{ м/сек}.$$

$$P = \frac{N\,75}{v} = \frac{3 \cdot 75}{3{,}66} = 61{,}5 \text{ кг}.$$

$$v_g = \frac{v}{\sin\alpha} = \frac{3{,}66}{0{,}70711} = 5{,}15 \text{ м/сек}.$$

Подставив величину $k = 10$ (см. таблицу на стр. 588) и $B = 3\,t_n$ в равенство $P = B \cdot k \cdot t_n$, получим $61{,}5 = 3t_n \cdot 10t_n = 30t_n^2$;

$$t_n = \sqrt{\frac{61{,}5}{30}} = 1{,}43 \text{ см};$$

$$M_n = \frac{t_n}{\pi} = \frac{14{,}3}{3{,}14} = 4{,}55 \approx 5;$$

отсюда

$$t_n = M_n \cdot \pi = 5\,\pi = 15{,}708 \text{ мм};$$

$$t_{st} = \frac{t_n}{\cos\alpha} = \frac{15{,}708}{0{,}70711} = 22{,}21 \text{ мм};$$

$$z = \frac{d_t \cdot \pi}{t_{st}} = \frac{200 \cdot 3{,}14}{22{,}21} \approx 28;$$

$$d_t = \frac{z \cdot t_{st}}{\pi} = \frac{28 \cdot 22{,}21}{3{,}14} = 197{,}50 \text{ мм};$$

$$d_a = d_t + 2\,M_n = 197{,}50 + 2 \cdot 5 = 207{,}5 \text{ мм};$$

$$B = 3t_n = 3 \cdot 15{,}7, = 47{,}1 \approx 48 \text{ мм};$$

$$b = \frac{B}{\cos\alpha} = \frac{48}{0{,}70711} = 68 \text{ мм}.$$

У обоих колес одинаковы нормальный шаг ($t_n = 15{,}7$), *модуль* ($M = 5$), угол наклона зубцов ($\alpha = 45°$) и длина зубцов ($b = 68$ *мм*). Различны числа зубцов и диаметры колес:

малое колесо . . . . . $z_2 = 28$; $d_t = 197{,}5$ *мм*

большое колесо . . . $z_1 = 2 \cdot 28 = 56$; $D_t = 395$ *мм*.

Если требуется, чтобы оба колеса имели равные диаметры, следует изменить углы наклона зубцов; по таблице на стр. 588 угол наклона одного колеса в этом случае должен быть равен 26° 34', другого — 63° 26'; здесь лишь одно колесо может работать в качестве ведомого.

4. Шевронные колеса.

Винтовые колеса, благодаря возникающему при их работе осевому давлению, являются удобными лишь для передачи сравнительно небольших сил; осевое давление можно уничтожить, если соединить в одно целое два винтовые колеса с одинаковыми, но направленными в противоположные стороны, зубцами. Такие колеса получили название шевронных (рис. 174). Вершина угла шевронного зубца должна быть направлена в сторону вращения колеса. В следствие своей большой прочности шевронные колеса в особенности пригодны для передачи больших мощностей с возникающими во время работы толчками.

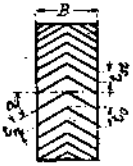


Рис. 174.

Шевронные колеса рассчитываются как винтовые с параллельными осями. Профиль зубца в сечении по нормали образован разверткой, образующая прямая которой в случае больших колес направлена под углом от 15 до 18° к касательной к начальной окружности и от 18 до 25° для малых колес. Толщина зубца на торцевой плоскости колеса, измеряемая по его начальной окружности, равняется 0,46 t_{st}. Отклонение зубца t_0 по ширине колеса колеблется в зависимости от числа зубцов между 0,5 и 1,4 t_{st}; по меньшей мере 2 зубца каждого колеса должны одновременно находиться в сцеплении. Угол наклона зубцов берется от 35 до 25° (обычно 35°). Ширина колеса в три или четыре раза больше шага на торцевой плоскости колеса.

5. Червячная передача.

Червячная передача обычно применяется для больших передаточных чисел.

При выборе числа зубцов червячного колеса решающее значение имеет вместе с передаточным числом еще число одновременно сцепляющихся зубцов, которое должно быть не меньше двух. Увеличением числа ходов (ниток) червяка повышается коэфициент полезного действия передачи, увеличением числа зубцов червячного колеса улучшаются условия его охлаждения. Недостаточная смазка увеличивает изнашивание и ухудшает коэфициент полезного действия.

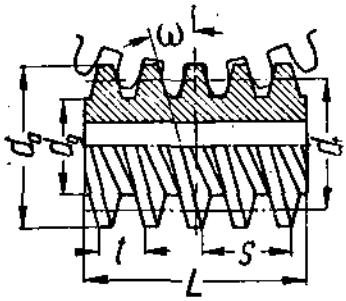


Рис. 175.

При изготовлении червячной передачи и, в особенности, при ее установке нужно иметь в виду, что расстояние между осями колеса и червяка должно при работе всегда оставаться неизменным. Также следует заботиться о точной установке плоскости симметрии колеса. Червяк должен точно соответствовать червячной фрезе, употребляющейся для нарезания соответственного червячного колеса, и иметь равный с этой фрезой диаметр начальной окружности.

При проектировании червячной передачи всегда лучше исходить из имеющихся уже на заводе червячных фрез, чтобы не изготовлять или не приобретать новых. При изготовлении колес, к которым предъявляются большие требования относительно точности, приходится принимать во внимание также уменьшение диаметра начальной окружности червячных фрез, являющееся следствием их затачивания (фрезы всегда с задней оточкой).

Во вредном влиянии изменения расстояния между осями червяка и червячного колеса можно убедиться из следующих соображений. Угол подъема винтовой линии червяка, разумеется, увеличивается по направлению от вершины зуба ко дну его впадины. Одноходовой червяк с шагом в 31,416 *мм* при наружном диаметре в 90 *мм* и внутреннем диаметре в 52 *мм* имеет наружный угол подъема, соответствующий наружному диаметру, около 6°20′, и угол подъема для винтовой линии, соответствующей внутреннему диаметру — в 9°54′; таким образом средний угол подъема равняется около 7°30′. Аналогичным образом располагаются и углы подъема зубцов червячного колеса. У основания зубца угол подъема в данном случае равняется 6°20′, на начальной окружности — 7°30′, в то время как у вершины зубца — 9°54′.

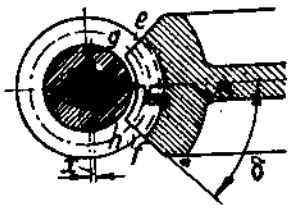


Рис. 176.

У другого червяка того же диаметра, но с четырехходовой нарезкой и шагом в 128 *мм* наружный угол подъема для верха зубца равняется 24°13′, средний — 29°41′ и у основания зубца — 37°55′. Разница в величине углов в этом случае = 14°.

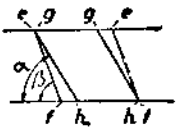


Рис. 177.

Рис. 176 представляет собой разрез перпендикулярно к червяку и по оси червячного колеса. Линия $g-h$ является общей дугой начальной окружности и для червяка и для колеса. Если же уменьшить расстояние между осями на величину x, так что $g-h$ переместится в $e-f$, то на основании указанного выше, углы подъема зубцов червячного колеса уже не будут соответствовать углам подъема винтовой линии червяка. На рис. 177 угол наклона,[1] соответствующий $g-h$, обозначен через α, соответствующий $e-f$ через β. Из чертежа видно, что здесь червяк и колесо касаются друг друга уже не по некоторой общей им обоим поверхности, но лишь в двух точках eg и hf. Эти две точки должны воспринимать на себя все то давление, которое по расчету распределялось прежде на всю поверхность касания, что влечет за собою чрезвычайно быстрое изнашивание передачи.

Чтобы уменьшить износ подшипников, обусловливающий собою и осевое относительное перемещение и отклонение плоскости симметрии от должного положения, подшипникам нужно придавать большие размеры или еще лучше применять шариковые подшипники.

Вследствие большего трения на боковых сторонах зубцов, потери работы при червячной передаче больше, чем при передаче цилиндрическими или коническими колесами. Нагревание, вызываемое трением, ухудшает действие смазки; поэтому рекомендуется, в особенности для передач, работающих непрерывно долгое время, брать возможно большие размеры передачи. При червячных передачах, обслуживающих

[1] О терминах: „угол наклона" и „угол подъема" см. стр. 60а.

подъемные механизмы, следует еще обращать внимание на развитие теплоты вследствие тормозящего действия при опускании грузов, так как повышение температуры от этой причины может достигнуть значительных размеров.

Для самоторможения передачи угол подъема винтовой линии червяка при применении шариковых подшипников берут не больше 4°30', при обычных подшипниках и кольцевых пятах — не более 6°.

Чугун применяется лишь в случае небольших давлений на зубец и при скорости червяка не больше 3 *м* в секунду. Большей же частью употребляют бронзу для колеса и сталь для червяка.

При червячных колесах с числом зубцов меньшим 30 приходится увеличивать диаметр колес, чтобы не получить утонения основания зубцов (подрезки зубцов); это вызывает увеличение расстояния между осями. Где только возможно, стараются брать не менее 30 зубцов. [1]) Если же малого числа зубцов избежать нельзя, то, устанавливая при конструировании профиль зубца, стараются возможно более точно проверить путем вычисления, не возникнут ли где-нибудь в зубце слишком высокие напряжения.

Зацепление при червячных передачах всегда делается по эвольвенте, но боковой профиль зубцов червячных колес только в средней

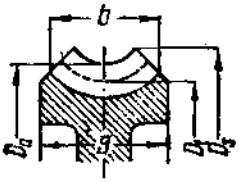


Рис. 178.

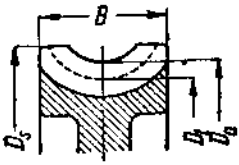


Рис. 179.

плоскости колеса бывает точно очерчен по эвольвенте, а в остальных плоскостях, где тоже происходит сцепление, отступает от последней. Поэтому следует заботиться о сохранении правильной установки средней плоскости колеса не меньше, чем о поддержании надлежащего расстояния между осями.

Форма обода червячного колеса, применяющаяся для передачи не особенно больших мощностей, изображена на рис. 178. Применительно к этой форме обода в таблицах на стр. 595—597 приведены формулы для определения элементов зубчатого колеса. Для передачи же больших мощностей применяется часто форма обода, изображенная на рис. 179.[2])

Отдельные элементы этой формы зубчатого колеса могут быть подсчитаны по следующим зависимостям (применительно к рис. 179). Ширина обода B делается в зависимости от числа ходов червяка — чем больше ходов у червяка, тем меньше должна быть ширина колеса. Для одноходовых и двухходовых червяков $B = 2{,}38t + 6{,}35$; для трех- и четырехходовых червяков $B = 2{,}15t + 5{,}08$. Наружный диаметр зубчатого колеса по его краю для одноходового и двухходового червяка $D_s \doteq D_a + 0{,}48t$; для трех- и четырехходового червяка $D_s = D_a + 0{,}32t$.

---

[1]) О подрезанных зубцах см. стр 587.

[2]) Нормализована А. С. М. А (америк. общ. производителей зубч. колес). Зависимости, приведенные в тексте для этой формы колеса, даны применительно к этой нормализации.

Расчет червячной передачи.

Ищется	Обозначение	Червячное колесо	Обозначение	Червяк
Модуль	M	$\frac{t}{\pi}$		
Шаг зубцов	t	$M\cdot\pi$; a, $\frac{a}{2}$, $\frac{a}{3}$, если червяк одноходовой двух-, или трехходовой $\sqrt[3]{\frac{6{,}3 M_{кр}\cdot\eta}{u\cdot k}\cdot\frac{t}{b}}$; $\frac{P}{k\ b}$; $\sqrt[3]{\frac{450000\cdot N\cdot\eta}{u\cdot k\cdot n}\cdot\frac{t}{b}}$		
Ход винтовой линии			a	t, $2t$, $3t$, если соответств. червяк одно-, двух-, или трехходовой
Число ходов			u	$\frac{a}{t}$
Число зубцов	z	$\frac{D_t}{M}$ (не менее 28)		
Диаметр начальной окружности	D_t	при 30 и больше зубцах: $z\cdot t\cdot 0{,}3183$; $z\frac{t}{\pi}$; $z\cdot M$; при меньшем числе зубцов: $z\cdot t\cdot 0{,}29823+0{,}6366\cdot t$; $z\cdot M\cdot 0{,}937+2M$ (в средней плоскости колеса)	d_t	$\frac{a}{\operatorname{tg}\alpha\cdot\pi}$; $\frac{v_1\cdot 6000}{\pi\cdot n_1}$ (при d_t в *см*)
Наружный диаметр зубцов в средней плоскости колеса	D_a	D_t+2M (в средн. плоск. колеса)	d_a	$d_t+2M\cdot\cos\omega$
Наружный диаметр зубцов на краях их в колесе	D_s	$D_a+[(d_t-2M)(1-\cos\delta)]$ (= наибольший диаметр колеса)		
Диаметр у основания зубцов			d_s	$d_t-2{,}33\,M$

Ищется	Обозначение	Червячное колесо	Обозначение	Червяк
Ширина зубца при его основании	b	$d_a \cdot \sin\delta$; 1,5 до 2,8t (при малом d_a, $b = t$), для необработ. зубцов 1,5 — 1,8t		
Общая ширина колеса	B	$d_a \cdot \sin\delta + 0{,}25t$		
Длина червяка			L	$2M\sqrt{z} + 2M$
Угол подъема винтовой линии		(величина ω по возможности не должна быть больше 18—20°)	ω	$\operatorname{tg}\omega = \frac{a}{d_t \cdot \pi}$
Половина центрального угла между боковыми срезами на зубцах колеса	δ	$\operatorname{tg}\delta = \frac{2c \cdot t}{d_t + 1{,}2t}$		
Угол между сторонами нарезки червяка			α	30° (см. также стр. 598)
Коэфициент для определения угла между боков. срезами на зубцах колеса	c	$z =$ 28, 35, 45, 55, 65, 75, 85 $c =$ 1,9, 2,1, 2,3, 2,5, 2,6, 2,8, 2,9		
Передаточное число	i	$\frac{n}{n_1} = \frac{u}{z} = \frac{d_t \cdot \operatorname{tg}\omega}{D_t}$		
Число оборотов в минуту	n	$\frac{n_1 \cdot u}{z}$	n_1	$\frac{n \cdot z}{u}$
Скорость на окружности колеса	v	$\frac{n_1 \cdot a}{6000}$; $\frac{n \cdot D_t \cdot \pi}{6000}$ (a и D_t в *см*)	v_1	$\frac{n_1 \cdot d_t \cdot \pi}{6000}$ (d_t в *см*)
Скорость скольжения *м*/сек.	v_g	$\frac{v_1}{\cos\omega}$ (не должна превышать 10 *м*/сек.)		
Число передаваемых лошадиных сил	N	$\frac{P \cdot v}{75}$; $\frac{M_{кр} \cdot n}{71620}$ (при $M_{кр}$ в *кг см*)		

Ищется	Обозначение	Червячное колесо	Обозначение	Червяк
Давление на зубец *кг*	P	$\frac{2M_{кр}}{D_t}$; $\frac{N \cdot 75}{v}$; $k \cdot b \cdot t$; (b, t в *см*)		
Коэфициент, определяющий напряжение материала	k	При работе с перерывами тщательно обработанных колес, при нахождении постоянно в сцепленных не менее двух зубцов, величину k можно выбирать из таблички: [1] Окружн. скорость червяка на нач. окр. в *м*/сек . | 0,5 | 1 | 2,5 | 5 | 7,5 Чугун . . . . . | 30 | 24 | 17 | 12 | — Фосфористая бронза . . | 60 | 48 | 34 | 25 | 18 При малом числе зубцов (< 30) в плохих условиях зацепления и непрерывной работе указанные выше величины следует умножать на 0,7.		
Угол трения Коэфициент полезного действия Коэфициент трения	ρ η μ	Величины ρ и μ: Трение чугуна по чугуну | ρ 6—7° | μ 0,1—0,1[illegible] " стальн. червяка по бронз. колесу | 2—3° | 0,03—0,0[illegible] Если червячная передача должна быть самотормозящейся, то $\operatorname{tg}\rho = \operatorname{tg}\omega = \frac{a}{2\pi \cdot r} \leqq \mu \leqq \frac{1}{10}$; в подъемных механизмах, где передача может подвергаться толчкам, μ не должно быть больше $\frac{1}{12}$; коэфициент полезн. действия таких червячных передач очень низок; он спускается до $\eta \leqq 0{,}4$, так как $\eta = \frac{\operatorname{tg}\omega}{\operatorname{tg}(\omega + \rho)}$.		
Крутящий момент *кг см*	$M_{кр}$	Момент, передаваемый червяком, увеличенный на 10% для преодоления трения в подшипниках, равняется: $0{,}55\, P \cdot d_t \frac{a + \pi \cdot d_t \cdot \mu}{\pi \cdot d_t - \mu \cdot a}$; $71620\, \frac{N}{n_t}$		

[1]) По F. Rötscher.

Угол между сторонами нарезки червяка α большей частью теперь еще делается равным 30° (в Америке 29°). Однако в последние годы, в особенности для многоходовых червяков, которые часто применяются для повышения коэфициента полезного действия передачи, назначают большие углы между сторонами нарезки. Этим достигается усиление оснований зубцов, что важно для силовых передач, и уменьшение подрезания зубцов у червячных колес с малым числом зубцов; кроме того, увеличение α уменьшает ряд технологических трудностей, возникающих при изготовлении фрезерованием червяка и червячной фрезы. Поэтому рекомендуется у червяков с углом подъема ω винтовой линии меньшим 15° применять угол между сторонами нарезки $\alpha = 30$ или 40°, для $\omega = 15-25°$, $\alpha = 45°$, для $\omega > 25°$ $\alpha = 50°$.[1])

Расчет червячной передачи. Для расчета червячной передачи следует пользоваться формулами, помещенными на стр. 595—597.

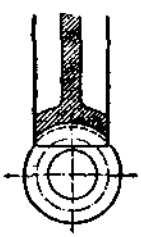


Рис. 180

Если задано усилие на окружности червячного колеса P, то шаг t определяют по формуле $P = k \cdot b \cdot t$, где вместо b подставляют от 1,5 до 2,8 t для обработанных червячных колес, или 1,5 до 1,8 t для необработанных. Значение k можно брать из таблички на стр. 597.

Если заданы передаваемая мощность N (на валу червяка), число ходов червяка u, число оборотов червяка n_1 и червячного колеса n и окружная скорость червяка на начальной окружности, то расчет ведут следующим образом.

По формуле $M_{кр} = 71620 \frac{N}{n_1}$ определяют крутящий момент на валу червяка. Задаваясь коэфициентом полезного действия (η для самотормозящейся передачи спускается до 40%), определяют крутящий момент на валу червячного колеса: $M_{кр}' = M_{кр} \cdot \eta$. Шаг червячного колеса находят по формуле

$$t = \sqrt[3]{\frac{6{,}3 \cdot M_{кр}'}{u \cdot k} \cdot \frac{t}{b}}.$$

Величину k брать из таблички на стр. 597 в зависимости от заданной окружной скорости червяка. По полученной величине t определяют все остальные элементы колеса и червяка, пользуясь формулами стр. 595—597.

6. Точность изготовления зубчатых колес.

Точность изготовления зубчатых колес зависит от метода обработки. Фрезерованные и строганые колеса в отношении точности изготовления отличаются от шлифованных главным образом меньшей ровностью сторон зубцов. При фрезеровании и строгании ошибка неровности поверхностей зубцов при тщательной работе $\approx 0{,}01 - 0{,}03$ *мм*, в то время как у шлифованных зубцов эта ошибка не превышает 3 — 8 μ. Ошибки прочих элементов зубцов при обоих способах изготовления приведены ниже в табличке.

Фрезерованные червячными фрезами способом катания на станках типа Пфаутер и строганые долбяком по способу Феллоу зубчатые

[1]) Американское О-во производителей зубчатых колес (A. G. M. A.) рекомендует для одноходовых и двухходовых зубчатых колес применять $\alpha = 29°$, для трех- и четырехходовых — $\alpha = 40°$.

колеса по качеству приблизительно одинаковы. Первый способ может дать несколько более точный шаг, зато второй—более точный профиль сторон зубцов, так как при фрезеровании количество режущих движений, обкатывающих идеальный профиль зуба, ограничено числом канавок по окружности фрезы (обычно до 12) и продолжительностью зацепления. При строгании по способу Мааг возможная ошибка шага в значительной степени компенсируется тем, что режущий инструмент (рейка) имеет несколько режущих зубцов; точность *профиля в этом случае* достигается большим количеством режущих движений, обкатывающих *идеальный профиль зуба (от 10 до 180).*

Погрешности изготовления зубчатых колес.

	Незакаленные строганные колеса (Мааг)			Закаленные и шлифованные колеса		
	очень точные	точные	средне точные	очень точные	точные	средне точные
1. Ошибка шага *мм* .	0,01	0,012	0,015	0,006	0,008	0,01
2. Эксцентричность нач. окр. *мм*	0,015	0,02	0,03	0,015	0,015	0,02
3. Ошибка профиля сторон зубцов *мм* . .	0,008	0,01	0,02	0,003	0,005	0,008

Червячными фрезами точные зубчатые колеса можно получить только при весьма точном их изготовлении—точном шаге фрез, точносимметричном профиле их нарезки, тщательном заднем обтачивании и правильной ориентировке режущей грани. Долбяк Феллоу как и всякое зубчатое колесо имеет свойственные этим деталям погрешности; кроме того при затачивании режущей грани долбяка возможно искажение профиля (вследствие влияния на профиль зубца *переднего угла заточки*). Рейка Маага, поддающаяся простой проверке (вследствие прямолинейных сторон зубцов), не имеет спущенного затылка и при любых углах заточки не меняет своего профиля. Точность зубчатых колес, изготовляемых на зубострогальных станках Маага, достигается особенностями их конструкции — главным образом устранением возможного мертвого хода в отдельных элементах станка.

При помощи обкатывания колес с абразивным веществом (наждак, стеклянная пыль, карборунд) можно несколько сгладить неровности боковых поверхностей зубцов, но зато невозможно улучшить прочие элементы—шаг, биение и профиль зубцов. Кроме того обкатка имеет недостатком то обстоятельство, что после ее окончания не удается совершенно удалить (промывкой в бензине) абразивное вещество из пор материала колес, вследствие чего обыкновенно бывает быстрый износ колес в работе. Обкатку следует вести непродолжительное время, иначе профиль зубцов сильно искажается — *образуется уступ у начальной* окружности (так как при обкатывании с абразивом удаляется тем больше материала, чем больше скорость *скольжения*, у начальной окружности же эта скорость равна нулю) и у основания зубцов. По всем этим

причинам метод обкатывания с абразивным материалом справедливо считается устаревшим и редко применяется теперь при изготовлении доброкачественных изделий; обкатывание с абразивным материалом пригодно лишь для выглаживания поверхностей зубцов закаленных колес, в которые абразивный материал закататься не может.[1]) Шлифование закаленных зубцов получило теперь очень широкое развитие. При выборе способа шлифования, в настоящее время предпочитают перекрестное шлифование продольному шлифованию сторон зубцов, так как при применении способа перекрестного шлифования достигается наиболее спокойный ход колес. [2])

7. Цепная передача.

В машиностроении для цепной передачи большей частью применяют роликовые и зубчатые, так наз. „бесшумные" цепи. Более простые передаточные цепи без вращающихся роликов имеют значение лишь в автомобилестроении. Бесшумная цепь, представляющая собой собственно гибкую зубчатую рейку, зубцы которой сцепляются с зубцами колеса, завоевывает себе большее и большее распространение, в особенности для передач от электромотора к станку или трансмиссии.

Бесшумная цепь работает значительно спокойнее роликовой, так как последняя после удлинения своих звеньев от действующих вдоль цепи усилий, опираясь в каждый данный момент лишь на один зубец цепного колеса, при работе переходит с толчками с зубца на зубец.

Вытянутая же бесшумная цепь опирается на все зубцы шестерни, лишь постепенно поднимаясь по ним соответственно увеличению ее шага; все зубцы, таким образом, испытывают в этом случае одинаковые усилия, и износ цепи не сказывается на качестве работы передачи. Роликовые цепи обычно работают со скоростью до 4 *м*/сек., бесшумные цепи — со скоростью до 8,5 *м*/сек. Если возможны внезапные толчки при работе, следует применять натяжные колеса, находящиеся под действием пружины, или устраивать зубчатый обод поворотным и связанным с остальной частью колеса при помощи пружинящих соединений.

Передаточное число не должно превышать 1:7; число зубцов шестерни для роликовой цепи не должно быть меньше 10, для зубчатой цепи не меньше 17. При установке осей передачи следует предусматривать необходимость изменения расстояния между ними по мере разработки цепи; это расстояние не следует брать меньше полуторного диаметра большей звездочки цепного колеса, но не больше 3 — 4 *м* при роликовой цепи и 4 — 6 *м* при бесшумной. Нужно избегать вертикального расположения цепей.

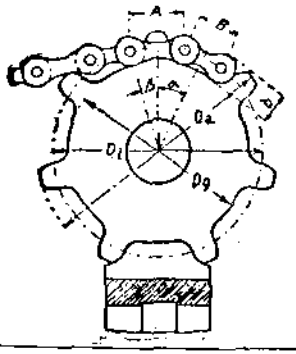
При передаче одной и той же силы короткие цепи следует брать более прочными, чем длинные, так как звенья их скорее изнашиваются, чаще соприкасаясь с зубцами. Установку цепной передачи следует производить с особой тщательностью; особенное внимание нужно обратить на параллельность валов. Осевая игра якоря электромотора должна распределяться поровну по обе стороны цепной шестерни. Очень полезно закрывать цепную передачу кожухом, предохраняющим ее от грязи и пыли и сберегающим смазочный материал, так как отбрасываемые частицы

---

[1]) В Америке эта работа известна под названием „lapping", в Германии — „läppen".

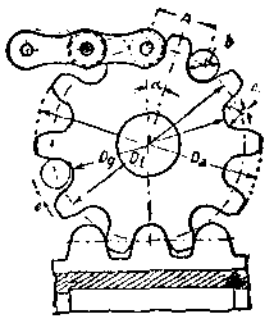
[2]) Шлифованные перекрестно колеса работают почти бесшумно, шлифованные продольно — часто издают при работе звук высокого тона. При ошибке шага и биении возникает более глухой и низкий звук.

Цепное колесо для простой передаточной цепи, изготовляемое фасонной фрезой.



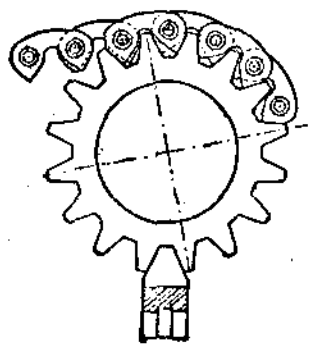
Наружный диаметр
$$D_a = D_t + b$$
Диаметр оснований зубцов
$$D_g = D_t - b$$
Диаметр начальной окружности
$$D_t = A : \sin\beta$$
Число зубцов колеса z;
$$\alpha = 180^\circ : z$$
$$\operatorname{tg}\beta = \sin\alpha : \left(\frac{B}{A} + \cos\alpha\right)$$

Колесо для роликовой цепи, изготовляемое червячной фрезой по принципу катания.



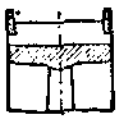
Наружный диаметр
$$D_a = D_t + b$$
Диаметр оснований зубцов
$$D_g = D_t - b$$
Диаметр начальной окружности
$$D_t = A : \sin\alpha$$
Число зубцов колеса z;
$$\alpha = 180^\circ : z$$
Зазор между роликом и зубцом
$$L = 0{,}1 \text{ до } 0{,}2\, b$$

Колесо для бесшумной цепи, изготовляемое фасонной фрезой



Направляющие для бесшумной цепи

Направляющая в середине



Направляющая с боков

смазки благодаря кожуху вновь попадают обратно на цепь. Смазка лучше всего достигается капельными масленками, выпускающими по капле масла через каждые 2 — 3 минуты.

В машиностроении цепные колеса делаются большей частью чугунными, в автомобилестроении — стальными. Размеры цепных колес и самих цепей следует выбирать, учитывая целый ряд условий работы передачи. Внезапные толчки и быстрое включение передачи, насыщенный пылью воздух помещения, плохое изготовление цепи, неточная установка, недостаточная смазка — все это значительно понижает допустимое напряжение материала, принимаемое в основу расчета.

Для достижения равномерного износа цепи меньшее колесо делают с нечетным числом зубцов, большее — с четным.

Что касается формы зубцов и размеров колес, то при установлении их можно пользоваться приводимыми выше данными. Размеры цепей, кроме цепей Галля, еще не подверглись нормализации; изготовляющие цепи заводы дают каждый свои размеры.

Длина цепей определяется в зависимости от заданных диаметров цепных колес и расстояния между осями точно так же, как и для обыкновенной ременной передачи (см. стр. 562); при этом вместо диаметров шкивов следует проставлять диаметры начальных окружностей цепных колес. Радиус начальной окружности равняется расстоянию от середины звена цепи до оси колеса. Самая длина цепи должна быть всегда кратной шагу ее звеньев.

Стальные ленты. Для передачи больших мощностей — до 3000 ЛС — за границей иногда применяются стальные ленты, — для приводов к главным трансмиссионным валам, при диаметрах шкивов начиная с 500 *мм* и выше. Ленты изготовляются из закаленной углеродистой стали, временное сопротивление разрыву которой ≈ 150 *кг/мм*^{2}, толщиной от 0,3 до 1,0 *мм* и шириной от 80 до 250 *мм*. Вес стальной ленты составляет приблизительно 0,2 веса ремня или 0,1 веса каната, применяющихся для передачи при тех же условиях. Давление на вал со стороны ленточной стальной передачи такое же, как и при ременной и канатной передаче.

При установке ленточной стальной передачи необходимо достигнуть точной параллельности валов, подшипники которых должны быть жестко закреплены, чтобы расстояние между валами не могло измениться с течением времени. Шкивы для ленточной передачи не должны иметь выпуклости; их наружная поверхность для предохранения от скольжения лент должна быть обклеена полосками плотной бумаги и пробки.

Ленты для предохранения от ржавчины должны покрываться предохранительным лаком.

XI. РЕЗЬБА

1. ТЕРМИНОЛОГИЯ И ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ.

1 Терминология.

Резьба — совокупность расположенных по винтовой линии нарезок.

Нарезка — виток резьбы[1]).

s — **шаг** резьбы — расстояние по оси резьбы между одноименными точками двух соседних нарезок.

a — **ход** резьбы — расстояние по оси резьбы между одноименными точками одной нарезки после ее полного оборота.

u — **число ходов** резьбы. У одноходовой резьбы $s = a$, у многоходовой резьбы ход a равен шагу, умноженному на число ходов:

$a = u \cdot s$. На рис. 182 изображена двухходовая резьба.

d_0 — наружн. диам. резьбы винта,

d_1 — внутренн. диам. резьбы винта,

$d_{ср}$ — средний диам. резьбы винта,

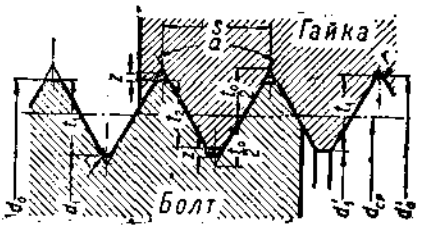


Рис. 181.

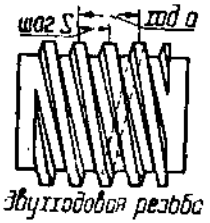


Рис. 182.

d_0' — наружный диам. резьбы гайки,

d_1' — внутренн. " " "

$d_{ср}'$ — средний " " "

α — угол между сторонами нарезки,

z — зазор при вершине нарезки,

r — радиус закругления при вершине нарезки,

t_0 — высота нарезки до острого края,

t_1 — высота нарезки,

t_2 — рабочая высота нарезки,

ω — угол подъема винтовой линии — угол, образованный винтовой линией и плоскостью, перпендикулярной к оси винтовой линии (это понятие применяется главным образом в терминологии, относящейся к резьбам) (см. рис. 183).

θ — угол наклона винтовой линии — угол, образованный винтовой линией и плоскостью, проходящей через ось винтовой линии (это понятие применяется главным образом в терминологии, относящейся к фрезам, развертках и проч. инструментам и к деталям машин) (см. рис. 183).

---

[1]) Термин „нарезка" следует отличать от термина „нарезание", обозначающего изготовление резьбы режущими инструментами.

2. Основные элементы резьбы и их взаимная связь.

Из всех элементов резьбы пять элементов, перечисленных ниже, имеют наибольшее влияние на качество резьбового соединения, а именно: 1) средний диаметр $d_{ср}$; 2) угол между боковыми сторонами профиля нарезки и его положение относительно оси винта; 3) шаг резьбы s; 4) наружный диаметр d_0; 5) внутренний диаметр d_1.

Средний диаметр равняется отрезку любой прямой, перпендикулярной к оси винта, между точками ее пересечения с двумя диаметрально противоположными сторонами профиля нарезки. При дюймовой резьбе без зазора у вершины нарезки средний диаметр равен наружному диаметру винта минус высота нарезки; для дюймовой резьбы с зазором у вершины и для метрической резьбы — наружному диаметру винта минус высота, на которой прилегают друг к другу нарезки винта и гайки.

Для дюймовой резьбы без зазора у вершины $d_{ср} = d_0 - t_1 = d_0 - 0{,}64031 \cdot s$. Для дюймовой резьбы с зазором у вершины $d_{ср} = d_0 - t_2 = d_0 - 0{,}49233 \cdot s$. Для метрической резьбы $d_{ср} = d_0 - t_2 = d_0 - 0{,}6495 \cdot s$.

Средние диаметры для дюймовой резьбы с зазором у вершины и для дюймовой же без зазора одинаковы, наружные же диаметры d_0 различны.

Средний диаметр является одним из наиболее важных элементов резьбы, однако он без ущерба для взаимозаменяемости резьбовых деталей может колебаться внутри известных пределов, в зависимости от того, требуется ли большая или меньшая плотность прилегания резьбы винта к гайке.

Угол между сторонами нарезки и шаг. Большое влияние на взаимозаменяемость резьбы помимо среднего диаметра оказывает также угол между сторонами нарезки и шаг резьбы.

Изменение величин у этих последних двух элементов — шага и угла между сторонами нарезки — влияет на изменение величины среднего диаметра. Так например, рис. 184 показывает, что увеличение угла между сторонами нарезки винта требует обязательного уменьшения величины среднего диаметра резьбы винта — иначе винт не войдет в гайку. Если у винта и у гайки углы между сторонами нарезки неправильны, то при одинаковых средних диаметрах резьбы у винта и гайки, выполненных точно в соответствии с данными таблиц резьб, винт все же нельзя ввинтить в гайку — из-за неправильности углов между сторонами нарезки (на рис. 184 участки захождения друг на друга профиля нарезок винта и гайки залиты черным). Ошибка угла нарезки вызывает плохое прилегание сторон нарезок винта и гайки, что влечет за собой недостаточную плотность и прочность резьбового соединения. Так, в резьбовом соединении по рис. 185 вершины нарезок гайки прижаты к основаниям нарезок винта, что может при ввинчивании винта в гайку создать ложное впечатление хорошей посадки, на самом же деле такое соединение не будет хорошим и при тряске или же частом ввинчивании и вывинчивании винта быстро придет в негодность. В огромном большинстве случаев ошибка угла между сторонами нарезки сказывается не только в изменении

Рис. 183.

величины угла, но и в неправильной ориентировке профиля нарезки относительно оси резьбы; на рис. 186 изображена **косая резьба**, как результат такой ошибки.[1]) По этой причине таблицы допусков на резьбу, дающие раздельно допуски на отдельные элементы резьбы (стр. 671), *исчисляют допуски не для полной величины угла между сторонами нарезки, но для половины этого угла.*

Рис. 184.

Шаг, подобно углу между сторонами нарезки, также влияет на величину среднего диаметра резьбы; так например, резьбовое соединение по рис. 187 при неправильном шаге может *быть выполнено лишь при условии*, если средний диаметр винта будет меньше теоретического размера, так как иначе винт нельзя ввинтить в гайку. Таким образом при ошибке в шаге (больше ли шаг или меньше, чем нужно, — это безразлично) средний диаметр резьбы винта следует уменьшить или у гайки увеличить, чтобы можно было ввинтить винт в гайку. При ошибке шага получается полное прилегание сторон нарезки у значительно меньшего количества нарезок, чем без ошибки шага (рис. 187). Поэтому резьбовое соединение с ошибкой шага, несмотря на то, что на ощупь посадка и кажется хорошей, на самом деле хуже качеством, чем без ошибки шага, так как при осевых усилиях, действующих на резьбовое соединение, часть нарезок вовсе не принимает участия в передаче усилия, а другая часть сильно перегружается.

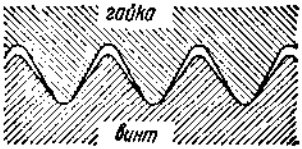


Рис. 185.

Наружный и внутренний диаметры резьбы имеют второстепенное значение для взаимозаменяемости резьбовых деталей, когда системой резьбы предусмотрен зазор при вершине нарезки, так как эти

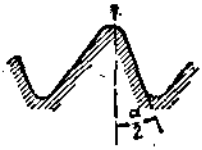


Рис. 186.

Рис. 187.

диаметры d_0 и d_1 не стоят в связи со средним диаметром резьбы. Для резьбы с зазором при вершине нарезки следует следить только, чтобы сумма погрешностей размеров d_0 и d_1 в каждом резьбовом соединении не превышала величины зазора при вершине нарезки. Поэтому допуски для наружного и внутреннего диаметров резьбы обычно значительно больше допусков для $d_{ср}$.

2. НОРМАЛИЗАЦИЯ РЕЗЬБ.

В СССР в 1921 г. были впервые установлены нормы на болтовые скрепления метрической системы для частей подвижного состава, утвержденные Высшим техническим советом Главметалла ВСНХ.

[1]) Косую резьбу—менее удачно—называют также „пьяной резьбой".

При нормализации метрической болтовой резьбы у нас решено было остановиться на резьбе международной системы, как имеющей наиболее крупные шансы на распространение в странах с метрическими мерами. Ввиду того, что сначала работа производилась лишь для удовлетворения нужд НКПС, где винты наиболее крупных размеров регулярно не встречаются, таблица норм НКПС-1 оканчивается диаметром в 68 *мм*. Что касается дна канавки нарезок, то во время составления таблиц заграничные работы по допускам у нас еще не были известны; вследствие этого было решено остановиться на немецком закруглении дна, причем за радиус была принята величина (предложенная заводом Л. Леве), примерно равная $\frac{1}{19}$ от высоты полного треугольника нарезки, на основании чего вычислены были и некоторые диаметры; этот радиус после был принят официально и в Германии при стандартизации резьб.

Комитет по стандартизации при Совете труда и обороны (ОСТ) начал заниматься разработкой стандартов по резьбам с 1927 г. Одним из первых утвержденных стандартов явился стандарт метрической резьбы для диаметров от 6 до 68 *мм* — ОСТ 32. Практически он совпадает с резьбой по DIN 14, за исключением верхнего предела диаметров, — у резьбы по DIN таковым является диаметр 52 *мм*, а у ОСТ — 68 *мм*. После этого стандарта появился стандарт на метрическую резьбу для диаметров от 1 до 5 *мм* — ОСТ 94, практически совпадающую с резьбой DIN 13, лишь за исключением диапазона диаметров: у DIN он охватывает диаметры от 3 до 10 *мм*, а у ОСТ от 1 до 5 *мм*. Выпущенный одновременно стандарт на метрическую резьбу для диаметров от 72 до 600 *мм* — ОСТ 193 соответствует резьбам DIN 14 и 241 (резьба по DIN 241 является 1-ой мелкой метрической резьбой по DIN); у ОСТ, однако, нормализованными являются другие диаметры. Шаг для этой резьбы принят постоянным, равным 6 *мм*.

Вследствие потребности промышленности в мелких резьбах были выпущены стандарты на 1-ю и 2-ю мелкую метрическую резьбу.[1]) 1-я мелкая метрическая резьба — ОСТ 271 — для диаметров от 1 до 400 *мм* соответствует DIN'овской 3-й мелкой метрической резьбе по DIN 243. Различие заключается в ином распределении шагов по диаметрам и в увеличении верхнего предела диаметров до 400 *мм* против DIN'овского предельного диаметра в 300 *мм*. Начиная с диаметра 56 *мм* шаг этой резьбы делается постоянным, равным 4 *мм*. Коэфициент измельчения[2]) этой резьбы = 1,5.

Вопрос о 1-й мелкой метрической резьбе обсуждался Технической комиссией ISA[3]) на Международной конференции 30 сент. 1929 г. в Цюрихе. По поводу некоторых вопросов получились разногласия; так, остался открытым вопрос о шаге для диаметров в 8 и 12 *мм*. Для шага на диаметре в 12 *мм* ОСТ'ом принята величина 1,25 *мм*, предлагаемая большинством стран, участвовавших в комиссии ISA, а не величина 1,5 *мм*, рекомендуемая Германией и Францией. Шаг при диаметре в 8 *мм* принят ОСТ'ом в 1 *мм*. На Цюрихской конференции в защиту этого шага выдвигалось мотивом, что увеличение шага против 0,75 *мм* до 1 *мм* повышает производительность при нарезании винтов на токарном станке, а также мотивом являлось создание одинакового шага для резьб 8 и 9 *мм*, имеющих одинаковый шаг и в нормальной резьбе.

---

[1]) Мелкой резьбой называется резьба с меньшим отношением шага к диаметру, чем у основной крепежной резьбы, т. е. такая резьба, у которой шаг меньше, чем у основной крепежной резьбы того же диаметра.

[2]) Коэфициентом измельчения мелкой резьбы называется отношение (приблизительное) шага основной крепежной резьбы к шагу мелкой резьбы для каждого диаметра резьбы.

[3]) ISA = International Standard Association.

2-я мелкая метрическая резьба — ОСТ 272 — для диаметров от 6 до 300 *мм* соответствует 2-й мелкой метрической резьбе по DIN 242, отличие от которой заключается в ином распределении шагов и в увеличении верхнего предела диаметров.

Резьба по DIN ограничивается диаметром в 189 *мм*, для резьбы по ОСТ верхний предел продлен до 300 *мм*.

1-я и 2-я мелкие метрические резьбы не могли удовлетворить требований всех отраслей машиностроения. Вследствие этого в дальнейшем были выпущены: 3-я мелкая метрическая резьба с коэф. измельчения ≈ 3 для диаметров от 8 до 200 *мм* — ОСТ 4120, 4-я с коэф. измельчения ≈ 4 для диаметров от 9 до 150 *мм* — ОСТ 4121 и 5-я с коэф. измельчения ≈ 6 для диаметров от 42 до 125 *мм* — ОСТ 4122. Преимуществом ОСТ-овских мелких резьб против DIN-овских является связанность их между собой одной системой построения. Основной принцип измельчения и выбор шагов по диаметрам у ОСТ-овских резьб совпадает с резьбами по ISA.

В СССР остроугольных мелких резьб пока еще не достаточно для потребностей промышленности (хотя их имеется — к 1933 г. — уже пять). В оптико-механической промышленности СССР поэтому введена своя — оптико-механическая — резьба с рядом шагов: 0,35; 0,5; 0,75; 1; 1,5. При этом — вследствие тонкостенности деталей, а также конструктивных особенностей приборов, не связывают в этой резьбе ОМП шаг с диаметром, диаметры же выбирают из таблицы нормальных диаметров ВООМП'а (см. т. II).

Для метрической резьбы допустимы два варианта профиля нарезки: с закруглением дна впадин и с плоским дном, причем прямая должна быть касательна к дуге, которую она заменяет.

Из дюймовых резьб ОСТ-ом были нормализованы в 1927 г. следующие резьбы: ОСТ 33-а — дюймовая резьба по системе Вигворта без зазора при вершине нарезки и ОСТ 33-б с зазором при вершине нарезки, практически соответствующие дюймовым резьбам по DIN 11 и 12.

Отличие от DIN-овских резьб заключалось в том, что у ОСТ вначале вводился диаметр 3/16", наивысший же диаметр брался равным 4", а не 6", как у DIN.

Вопрос о зазорах при вершине и основании нарезки разрешался в порядке установления допусков на дюймовую резьбу. Допуски нормализовались для резьбы по ОСТ 33-а, зазоры же по ОСТ 33-б находились в пределах допусков наружных диаметров болтов.

В 1932 профиль дюймовой нарезки модернизирован ОСТ-ом (см. ОСТ 1260, стр. 629) путем отказа от закруглений у основания нарезки — наибольший внутренний диаметр болта здесь ограничен плоскосрезанным профилем резьбового кольца, вследствие чего радиус закругления при основании резьбы может иметь в пределах этого ограничения любые значения, что удлиняет срок службы резьбонарезного инструмента.[1])

ОСТ 266 — трубная резьба для диаметров от 1/8 — 18" — изготовляется без зазора при вершине нарезки и заменяет все встречающиеся в промышленности СССР варианты цилиндрических трубных резьб, имевших наименование газовых резьб. Практически эта резьба соответствует резьбе по DIN 259.

По построению профиля трубная резьба ничем не отличается от дюймовой резьбы по ОСТ 33а.

К началу 1932 г. были выпущены нормы по ОСТ на трапецеидальную резьбу. Эта резьба служит для передачи движения, поэтому она

---

[1]) Есть основание предполагать, что в СССР предстоит также стандартизация резьбы Селлерса, укрепившейся в нашей автотракторной промышленности, изготовляющей американские модели машин.

строится совсем по другим принципам, чем резьбы крепежные. У крепежных резьб делается малый шаг и большой угол между сторонами нарезки, чтобы увеличить самоторможение резьбового соединения. У резьб, служащих для передачи движения, самоторможение должно быть возможно меньшим.

Исходя из этих соображений у трапецеидальной резьбы делают угол между сторонами нарезки равным 30°. У прямоугольной резьбы самоторможение получается несколько меньшим, чем у трапецеидальной, однако прямоугольную резьбу рекомендуется не применять, а употреблять трапецеидальную, так как последнюю легче изготовить (в особенности фрезерованием и шлифованием) и при пользовании ею легче устранить мертвый ход в резьбовых соединениях (путем сближения разъемных частей гаек).

Остированы следующие трапецеидальные резьбы. Резьба трапецеидальная одноходовая нормальная для диаметров от 10 до 300 *мм* — ОСТ 2410, соответствует резьбе по DIN 103, отличается от нее величиной шага.

Резьба трапецеидальная одноходовая мелкая для диаметров от 10 до 300 *мм* — ОСТ 2411, соответствует резьбе по DIN 378, отличается от нее величиной шага и охватывает меньшее число диаметров. Резьба трапецеидальная одноходовая крупная, для диаметров от 22 до 300 *мм* — ОСТ 2409, соответствует резьбе по DIN 379, отличается от нее величиной шага и охватывает меньшее число диаметров.

До нормализации в европейских странах трапецеидальной резьбы существовала распространенная по всей земле американская трапецеидальная дюймовая резьба Акме с углом между сторонами нарезки в 29°. При нормализации резьб в Германии, а затем в СССР, решили величину этого угла определить более круглым числом — в 30°.

На Западе было сделано много усилий для упорядочения винтовых резьб, и едва ли не самая крупная работа была выполнена в этом отношении в Германии, где теперь установлены твердые нормы почти для всех типов резьб, встречающихся в промышленности.

Резьба по табл. DIN 11 [1]) соответствует размерам в настоящей английской нормализованной витвортовской скале винтов, но, по-настоящему, она должна бы начинаться только с $\frac{1''}{4}$, а остальное — вверх — позднейшие добавки, встречающиеся однако в Германии. Ввиду того, что нарезки работают боковыми сторонами, а добиться полного соприкосновения на закруглениях практически почти невозможно, немцы, в порядке допусков, здесь несколько увеличивают идеальную глубину канавки нарезок в гайке и отодвигают назад ее вершины нарезок, так что за счет большей полноты метчика образуются у концов нарезок при свинчивании их небольшие зазоры. Во второй по порядку нормализации DIN 12 та же задача решается иначе, подобно тому, как в Англии предложил в свое время проф. Unwin: закругления дна канавок резьбы остаются на своих местах, но зато вершины выступа нарезок и на болте и в гайке срезаются по прямой; таким образом здесь уменьшаются наружный диаметр винта и внутренний диаметр гайки, за счет чего образуются при свинчивании зазоры в форме луночек. Оба типа вполне взаимозаменяемы. Более старый имеет значение особенно в тех случаях, где требуется плотность соединения против проникания жидкостей или газов.

Что касается основной германской болтовой резьбы DIN 13 и 14, то

[1]) Таблица не помещена в книге, так как эта резьба, а также резьбы DIN 12, 13 и 14 практически не отличаются от соответственных норм ОСТ.

главная часть таблицы от 6 *мм* и кончая 68 *мм* целиком соответствует международной резьбе (SI), от которой взята и форма нарезки. При продолжении скалы вниз уже во время войны выяснилось, что нет оснований в этой части увеличивать шаг с возрастанием диаметра, что скорее вредит прочности нарезанной части; в силу этого шаг везде *взят один и тот же в 6 мм*. Таким образом в пределах от 6 до 80 *мм* немцы отошли от системы SI, и их скала такого имени теперь не носит.

Иди вверх до 1 *мм*, немцы целиком взяли шаги из системы Левенгерца, но форму нарезки от системы SI с углом в 60° и закругленным дном канавки; резьба Левенгерца, несмотря на значительное число поклонников, осуждена на вымирание. Тождественность диаметров и шагов двух этих резьб облегчает переход от одной к другой, но зато несколько страдает стройность продолжения основной скалы SI.

Форму основания нарезки (дна канавки) немцы берут везде закругленной дугой окружности касательно к сторонам нарезки, при чем рекомендовалось радиус закругления брать равным приблизительно $\frac{1}{19}$ от полной высоты треугольника нарезки. Надо сказать, что часто встречающееся в книгах утверждение, что цюрихский конгресс 1898 г., установивший резьбу SI, предписал закругление у основания нарезки той или другой дугой окружности, совершенно не соответствует действительности. На конгрессе ярко выяснились два совершенно противоположных течения: французы и небольшая, но особенно компетентная в винторезном деле, часть немцев утверждали, что при валовом производстве нельзя выдержать строго ни прямую ни закругленную форму основания нарезки, что впрочем для дела совершенно и неважно, а потому выбор очертания основания нарезки и в личину и форму зазора здесь надо предоставить заводам, которые добьются цели в порядке допусков, совершенно не вредя взаимозаменяемости резьбы, так как допуски в резьбе всегда идут от идеального профиля для винта в одну сторону, а для гайки — в другую. С другой стороны, остальные немцы и швейцарцы стояли на том, что нужно точно предписать форму закругления дна канавки. Так как сговориться не удалось, то принята была резолюция, допускающая разнообразное толкование (форма основания нарезки оставляется на выбор каждого конструктора, но величина зазора между вершиной и основанием нарезки не должна быть *большей, чем* $\frac{1}{16}$ *полной высоты треугольника; рекомендуется брать* закругленное очертание дна канавки). В результате французы сохранили свое прежнее прямое очертание дна канавки, допуская и небольшие закругления, случайные или производимые намеренно, в углах перехода боковых сторон нарезки к дну; немцы же стали предписывать у себя закругление дугой окружности, касательной к сторонам профиля нарезки, и брать за номинальную величину зазора среднее между $\frac{1}{16}$ и $\frac{1}{24}$ высоты нарезки, что $\approx \frac{1}{19} t_0$.

Подробный анализ В. Кюна в его книге о допусках выяснил однако весьма заметные недостатки немецкого варианта: допуски делаются чрезвычайно стесненными в обоих направлениях, а радиусы получаются иногда микроскопическими, так что дно делается совершенно почти острым. Резьба однако не противоречит цюрихскому конгрессу и может быть взаимозаменяема с резьбой французского образца.

При последней нормализации резьб во Франции выяснилось, что там метрическая резьба SI вошла во всеобщее употребление; в дюймовой витвортовской резьбе не чувствуется никакой надобности, и ее французы и не нормализовали для себя. Встречаются иногда и винты по старой французской системе, но она ничтожным образом разнится с системой SI, для которой она послужила основным образцом. Никаких жалоб на форму профиля (совпадающего, кстати сказать, с американским селлерсовским) не наблюдалось.

При продолжении скалы SI винт французы тоже приняли в конце скалы шаг постоянным.

При продолжении вверх у них сначала была принята скала винтов для точной механики, а затем выработана была серия винтов часовых, спускающаяся до диаметра в 0,25 *мм*.

Промышленность разных стран предъявляет теперь очень большие требования на резьбы с более мелким шагом, чем в основной витвортовской и аналогичных ей селлерсовской и международной (SI).

В Германии в настоящее время нормализованы две мелкие резьбы витвортовского типа и девять метрических, причем диаметры доходят иногда до 500 *мм* (DIN 21), а с другой стороны — в DIN 243 — имеются мелкие шаги и для винтов, начиная с 1 *мм*. Это течение замечается и в других местах.

Англичане нормировали особый вид витвортовской резьбы с уменьшенными шагами (BSF).

Американцы сначала установили мелкую селлерсовскую резьбу в пределах диаметров от 1,524 *мм* до 11,43 *мм*, а затем в 1922 г. от 1,524 *мм* до 76,2 *мм* (3″). К этому классу резьб примыкают и специальные автомобильные (английская и американская).

Что касается резьб для железных и стальных труб (так назыв. трубных резьб), то надо прежде всего отметить факт, что в этой области, по всей вероятности, и в будущем сохранятся только дюймовые размеры с переводом, если нужно, в *мм*.

В Америке имеет наибольшее значение бриггсовская резьба; резьба эта имеет за собой крупные преимущества, но требует особенно точного выполнения; у нас встречается в нефтяном деле.

В Европе же решительно господствует газовая витвортовская резьба, но имеющая много мелких отступлений на отдельных заводах; собственно Витворт дал резьбу для труб до 4″, а дальше идут разные продолжения. Для упорядочения дела у себя немцы в 1903 г. выработали скалу витвортовской газовой резьбы в *мм*, где допустили для упрощения некоторые, иногда довольно заметные округления, но параллельно применялись (и особенно на железных дорогах и в судостроении) и другие размеры. Между тем нормализацией витвортовской резьбы серьезно занялся английский стандартный комитет. В 1914 г., как раз накануне войны, в Париже собрался международный конгресс по газовой резьбе, где в принципе уже решено было примкнуть к английскому предложению, но не успели формулировать детали, как разразилась война, и дело было прервано. В 1918 г. англичане выпустили в свет свои окончательные нормы для труб от $\frac{1''}{8}$ до 18″ и притом в двух вариантах: в одном, как в настоящей витвортовской газовой резьбе, закругленный выступ верха нарезки винта прикасается повсюду к дну впадины, в другом имеется здесь зазор, как в оливиновском варианте болтовой резьбы. К этой нормализации целиком присоединились французы (у них только числа ниток перечислены на длину 127 *мм*, так, напр., вместо 11 ниток на дюйм указывается 55 ниток на 127 *мм*), затем немцы (DIN 259 и 260), пере-

числились дюймы в *мм* на основании соотношения 1" = 25.40005 *мм* далее шведы, швейцарцы, австрийцы и еще некоторые страны. Англичанами были разработаны длины нарезки на концах труб и муфты у немцев такие данные сосредоточены в DIN 271.

3. ТАБЛИЦЫ РЕЗЬБ.

Перечень помещенных резьб.

стр.

Метрическая резьба:

ОСТ 94 612

ОСТ 32 613

ОСТ 193 614

1-я мелкая ОСТ 271 . . . 616

2-я „ ОСТ 272 . . . 618

3-я „ ОСТ 4120 . . . 619

4-я „ ОСТ 4121 . . . 621

5-я „ ОСТ 4122 . . . 622

Сводная таблица шагов метрических резьб по ОСТ . . 623

Метрические мелкие резьбы по DIN 624

Дюймовая резьба:

ОСТ 33-а 625

ОСТ 33-б 626

ОСТ 1260 628

1-я мелкая DIN 239 629

2-я „ DIN 240 630

Резьба Левенгерца 631

Метрическая резьба для производства часов и мелких механизмов (по проекту ISA). 31

Часовая резьба 632

Резьба для точной механики и оптики (по нормам ВООМП) 632

Резьба U. S. St. (САСШ) . . . 633

Английская „C. E. I." велосипедная резьба 634

стр.

Французская резьба 631

Американская остроугольная „V" резьба 635

Новая британская нормальная мелкая резьба (BSF). . . . 636

Американская мелкая резьба 636

Резьба трубная ОСТ 266 . . . 637

Американская резьба для труб 638

Трапецеидальная резьба одноходовая:

нормальная ОСТ 2410 . . . 639

мелкая ОСТ 2411 641

крупная ОСТ 2409 643

Сводная таблица шагов трапецеид. резьб ОСТ 2408 . . 645

Трапецеидальная дюймовая резьба „Acme Standard" . 646

Пилообразная резьба:

по DIN 647

„ DIN 513 648

Резьба защитительн. панцырных металлич. труб для электрических проводов . 648

Круглая резьба DIN 405 . . . 649

Резьба для труб по Селлерсу 650

Резьба электроарматурная метрическая по ОСТ 4004 . . 650

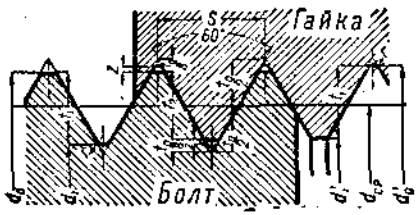
Резьба Эдисона по ОСТ 4001 . 651

Резьба для винтов для защитных очков DIN 4649 . . . 651

Резьба метрическая

(по ОСТ 94)

для диаметров от 1 до 5 *мм*.



Шаг	s	
Высота нарезки до острого края . .	t_0	$0{,}8660 \cdot s$
Высота нарезки .	t_1	$0{,}6946 \cdot s$
Рабочая высота нарезки	t_2	$0{,}6495 \cdot s$
Зазор при вершине нарезки .	z	$0{,}0451 \cdot s$
Радиус закругления при вершине нарезки	r	$0{,}0631 \cdot s$

мм

Болт		Болт и гайка						Гайка	
Диам. резьбы								Диам. резьбы	
наружный d_0	внутренний d_1	Средний диаметр резьбы $d_{ср}$	Шаг резьбы s	Высота нарезки t_1	Рабочая высота нарезки t_2	Зазор z	Радиус r	наружный d_0'	внутренний d_0'
1,0	0,653	0,838	0,25	0,174	0,162	0,011	0,016	1,023	0,675
1,2	0,853	1,038	0,25	0,174	0,162	0,011	0,016	1,223	0,875
1,4	0,983	1,205	0,3	0,208	0,195	0,014	0,019	1,427	1,010
1,7	1,214	1,473	0,35	0,243	0,227	0,016	0,022	1,732	1,245
2,0	1,444	1,740	0,4	0,278	0,260	0,018	0,025	2,036	1,480
2,3	1,744	2,040	0,4	0,278	0,260	0,018	0,025	2,336	1,780
2,6	1,975	2,308	0,45	0,313	0,292	0,020	0,028	2,641	2,015
3,0	2,305	2,675	0,5	0,347	0,325	0,023	0,032	3,045	1,350
(3,5)	2,666	3,110	0,6	0,417	0,390	0,027	0,038	3,554	2,721
4,0	3,028	3,546	0,7	0,486	0,454	0,032	0,044	4,063	3,091
5,0	3,889	4,480	0,8	0,556	0,520	0,036	0,050	5,072	3,961

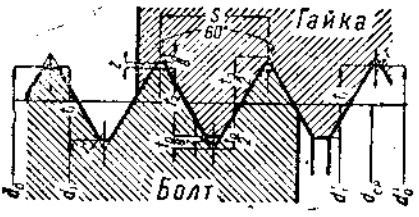
Диаметр резьбы, поставленный в скобки, по возможности не применять.

Допустим вариант профиля нарезки, в котором очертание дна впадин взамен дуги выполняется прямой, касательной к дуге, при сохранении всех табличных размеров для отдельных элементов (исключая r).

Резьба метрическая

(по ОСТ 32)

для диаметров от 6 до 68 *мм*.



Шаг	s	
Высота нарезки до острого края	t_0	0,8660 . s
Высота нарезки .	t_1	0,6946 . s
Рабочая высота нарезки	t_2	0,6495 . s
Зазор при вершине нарезки . .	z	0,0451 . s
Радиус закругления при вершине нарезки	r	0,0631 . s
Площадь поперечного сечения болта	F	$\pi d_1^2 : 4$

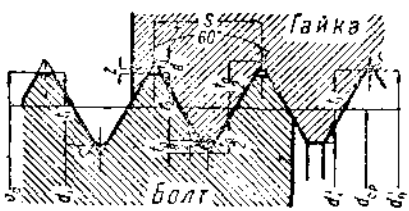
мм

Болт			Болт и гайка						Гайка	
Диам. резьбы		Площадь поперечного сечения стерж.	Средний диаметр резьбы	Шаг резьбы	Высота нарезки	Рабочая высота нарезки	Зазор	Радиус	Диам. резьбы	
наружный d_0	внутренний d_1	F см²	$d_{ср}$	s	t_1	t_2	z	r	наружный d_0'	внутренний d_1'
6	4,611	0,167	5,350	1	0,695	0,650	0,045	0,063	6,090	4,701
(7)	5,611	0,247	6,350	1	0,695	0,650	0,045	0,063	7,090	5,701
8	6,264	0,308	7,188	1,25	0,868	0,812	0,056	0,079	8,113	6,377
(9)	7,264	0,414	8,188	1,25	0,868	0,812	0,056	0,079	9,113	7,377
10	7,916	0,492	9,026	1,5	1,042	0,974	0,068	0,095	10,135	8,051
(11)	8,916	0,624	10,026	1,5	1,042	0,974	0,068	0,095	11,135	9,051
12	9,569	0,718	10,863	1,75	1,216	1,137	0,079	0,111	12,158	9,727
14	11,222	0,989	12,701	2	1,389	1,299	0,090	0,126	14,180	11,402
16	13,222	1,373	14,701	2	1,389	1,299	0,090	0,126	16,180	13,402
18	14,537	1,357	16,376	2,5	1,737	1,624	0,113	0,158	18,226	14,753
20	16,527	2,145	18,376	2,5	1,736	1,624	0,113	0,158	20,226	16,753
22	18,527	2,696	20,376	2,5	1,736	1,624	0,113	0,158	22,226	18,753
24	19,832	3,089	22,051	3	2,084	1,948	0,135	0,189	24,271	20,103
27	22,832	4,094	25,051	3	2,084	1,948	0,135	0,189	27,271	23,103
30	25,138	4,963	27,727	3,5	2,431	2,273	0,158	0,221	30,316	25,454
(33)	28,138	6,218	30,727	3,5	2,431	2,273	0,158	0,221	33,316	28,454
36	30,443	7,279	33,402	4	2,779	2,593	0,180	0,253	36,361	30,804
(39)	33,443	8,785	36,402	4	2,779	2,593	0,180	0,253	39,361	33,804
42	35,749	10,04	39,077	4,5	3,126	2,923	0,203	0,284	42,406	36,155
(45)	38,749	11,79	42,077	4,5	3,126	2,923	0,203	0,284	45,406	39,155
48	41,054	13,23	44,752	5	3,473	3,248	0,226	0,316	48,451	41,505
(52)	45,054	15,94	48,752	5	3,473	3,248	0,226	0,316	52,451	45,505
56	48,359	18,37	52,428	5,5	3,820	3,572	0,248	0,347	55,496	48,855
(60)	52,359	21,53	56,428	5,5	3,820	3,572	0,248	0,347	60,496	52,855
64	55,664	24,34	60,103	6	4,168	3,897	0,271	0,379	64,542	56,206
(68)	59,664	27,96	64,103	6	4,168	3,897	0,271	0,379	68,542	60,206

Диаметров резьбы, поставленных в скобки, по возможности не применять.

Допустим вариант профиля нарезки, в котором очертание дна впадин взамен дуги выполняется по прямой, касательной к дуге, при сохранении неизменными всех размеров для отдельных элементов (исключая r).

Резьба метрическая
(по ОСТ 193)
для диаметров от 72 до 600 мм.



Шаг	s	
Высота нарезки до острого края . .	t_0	$0{,}8660 \cdot s$
Высота нарезки	t_1	$0{,}6946 \cdot s$
Рабочая высота нарезки	t_2	$0{,}6495 \cdot s$
Зазор при вершине нарезки .	z	$0{,}0451 \cdot s$
Радиус закругления при основании нарезки . .	r	$0{,}0631 \cdot s$

Шаг резьбы s	Высота нарезки t_1	Рабочая высота нарезки t_2	Зазор z	Радиус r
6	4,163	3,897	0,271	0,379

мм

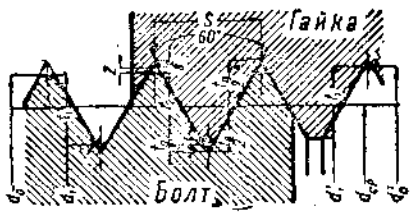
Винт		Винт и гайка	Гайка		Винт		Винт и гайка	Гайка	
Диам. резьбы			Диам. резьбы		Диам. резьбы			Диам. резьбы	
наружный d_0	внутренний d_1	Средн. диам. резьбы $d_{ср}$	наружный d_0'	внутренний d_1'	наружный d_0	внутренний d_1	Средн. диам. резьбы $d_{ср}$	наружный d_0'	внутренний d_1'
72	63,664	68,103	72,542	64,206	135	126,664	131,103	135,542	127,206
76	67,664	72,103	76,542	68,206	140	131,664	136,103	140,542	132,206
80	71,664	76,103	80,542	72,206	145	136,664	141,103	145,542	137,206
85	76,664	81,103	85,542	77,206	150	141,664	146,103	150,542	142,206
90	81,664	86,103	90,542	82,206	155	146,664	151,103	155,542	147,206
95	86,664	91,103	95,542	87,206	160	151,664	156,103	160,542	152,206
100	91,664	96,103	100,542	92,206	165	156,664	161,103	165,542	157,206
105	96,664	101,103	105,542	97,206	170	161,664	166,103	170,542	162,206
110	101,664	106,103	110,542	102,206	175	166,664	171,103	175,542	167,206
115	106,664	111,103	115,542	107,206	180	171,664	176,103	180,542	172,206
120	111,664	116,103	120,542	112,206	185	176,664	181,103	185,542	177,206
125	116,664	121,103	125,542	117,206	190	181,664	186,103	190,542	182,206
130	121,664	126,103	130,542	122,206	195	186,664	191,103	195,542	187,206

мм

Винт		Винт и гайка	Гайка		Винт		Винт и гайка	Гайка	
Диам. резьбы			Диам. резьбы		Диам. резьбы			Диам. резьбы	
наружный d_0	внутренний d_1	Средн. диам. резьбы $d_{ср}$	наруж. d_1'	внутренний d_1'	наружный d_0	внутренний d_1	Средн. диам. резьбы $d_{ср}$	наружный d_0'	внутренний d_1'
200	191,664	196,103	200,542	192,206	360	351,664	356,103	360,542	352,206
205	196,664	201,103	205,542	197,206	370	361,664	366,103	370,542	362,206
210	201,664	206,103	210,542	202,206	380	371,664	376,103	380,542	372,206
215	206,664	211,103	215,542	207,206	390	381,664	386,103	390,542	382,206
220	211,664	216,103	220,542	212,206	400	391,664	396,103	400,542	392,206
225	216,664	221,103	225,542	217,206	410	401,664	406,103	410,542	402,206
230	221,664	226,103	230,542	222,206	420	411,664	416,103	420,542	412,206
235	226,664	231,103	235,542	227,206	430	421,664	426,103	430,542	422,206
240	231,664	236,103	240,542	232,206	440	431,664	436,103	440,542	432,206
245	236,664	241,103	245,542	237,206	450	441,664	446,103	450,542	442,206
250	241,664	246,103	250,542	242,206	460	451,664	456,103	460,542	452,206
255	246,664	251,103	255,542	247,206	470	461,664	466,103	470,542	462,206
260	251,664	256,103	260,542	252,206	480	471,664	476,103	480,542	472,206
265	256,664	261,103	265,542	257,206	490	481,664	486,103	490,542	482,206
270	261,664	266,103	270,542	262,206	500	491,664	496,103	500,542	492,206
275	266,664	271,103	275,542	267,206	510	501,664	506,103	510,542	502,206
280	271,664	276,103	280,542	272,206	520	511,664	516,103	520,542	512,206
285	276,664	281,103	285,542	277,206	530	521,664	526,103	530,542	522,206
290	281,664	286,103	290,542	282,206	540	531,664	536,103	540,542	532,206
295	286,664	291,103	295,542	287,206	550	541,664	546,103	550,542	542,206
300	291,664	296,103	300,542	292,206	560	551,664	556,103	560,542	552,206
310	301,664	306,103	310,542	302,206	670	561,664	566,103	570,542	562,206
320	311,664	316,103	320,542	312,206	580	571,664	576,103	580,542	572,206
330	321,664	326,103	330,542	322,206	590	581,664	586,103	590,542	582,206
340	331,664	336,103	340,542	332,206	600	591,664	596,103	600,542	592,206
350	341,664	346,103	350,542	342,206					

Допустим вариант профиля нарезки, в котором очертание дна впадин взамен дуги выполняется прямой, касательной к дуге, при сохранении неизменными всех размеров для отдельных элементов (исключая *r*).

Резьба метрическая 1-а мелкая
(по ОСТ 271)
для диаметров от 1 до 400 *мм*



Шаг	s	
Высота нарезки до острого края . .	t_0	$0{,}8660 \cdot s$
Высота нарезки . .	t_1	$0{,}6946 \cdot s$
Рабочая высота нарезки	t_2	$0{,}6495 \cdot s$
Зазор при вершине нарезки . . .	z	$0{,}0451 \cdot s$
Радиус закругления при вершине нарезки	r	$0{,}0631 \cdot s$

мм

Шаг резьбы s	Высота нарезки t_1	Рабочая высота нарезки t_2	Зазор z	Радиус r	Шаг резьбы s	Высота нарезки t_1	Рабочая высота нарезки t_2	Зазор z	Радиус r
0,2	0,139	0,130	0,009	0,013	1,25	0,868	0,812	0,056	0,079
0,25	0,174	0,162	0,011	0,016	1,5	1,042	0,974	0,068	0,095
0,35	0,243	0,227	0,016	0,022	2	1,389	1,299	0,090	0,126
0,5	0,347	0,325	0,023	0,032	3	2,083	1,949	0,135	0,189
0,75	0,521	0,487	0,034	0,047	4	2,779	2,598	0,180	0,253
1	0,915	0,650	0,045	0,063					

мм

Болт		Болт и гайка		Гайка		Болт		Болт и гайка		Гайка	
Диаметр резьбы		Средний диаметр резьбы	Шаг резьбы	Диаметр резьбы		Диаметр резьбы		Средний диаметр резьбы	Шаг резьбы	Диаметр резьбы	
наружный	внутренний			наружный	внутренний	наружный	внутренний			наружный	внутренний
d_0	d_1	$d_{ср}$	s	d_0'	d_1'	d_0	d_1	$d_{ср}$	s	d_0'	d_1'
1	0,722	0,870	0,2	1,018	0,740	(3,5)	3,014	3,273	0,35	3,532	3,016
1,2	0,922	1,070	0,2	1,218	0,940	4	3,305	3,675	0,5	4,045	3,350
1,4	1,122	1,270	0,2	1,418	1,140	(4,5)	3,805	4,175	0,5	4,545	3,850
1,7	1,422	1,570	0,2	1,718	1,440	5	4,305	4,675	0,5	5,045	4,350
2	1,653	1,838	0,25	2,023	1,676	(5,5)	4,805	5,175	0,5	5,545	4,850
2,3	1,958	2,138	0,25	2,323	1,976	6	4,958	5,513	0,75	6,068	5,028
2,6	2,114	2,373	0,35	2,632	2,148	(7)	5,958	6,513	0,75	7,068	6,028
3	2,514	2,773	0,35	3,032	2,546	8	6,611	7,350	1	8,090	6,701

мм

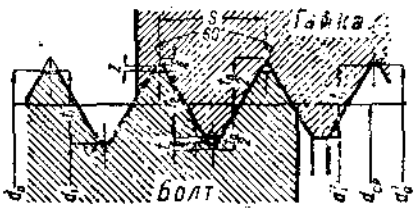
Болт		Болт и гайка		Гайка		Болт		Болт и гайка		Гайка	
Диаметр резьбы		Средний диаметр резьбы	Шаг резьбы	Диаметр резьбы		Диаметр резьбы		Средний диаметр резьбы	Шаг резьбы	Диаметр резьбы	
наружный	внутренний			наружный	внутренний	наружный	внутренний			наружный	внутренний
d_0	d_1	$d_{ср}$	s	d_0'	d_1'	d_0	d_1	$d_{ср}$	s	d_0'	d_1'
(9)	7,611	8,350	1	9,090	7,701	155	149,443	152,402	4	155,361	149,804
10	8,611	9,350	1	10,090	8,701	160	154,443	157,402	4	160,361	154,804
(11)	9,611	10,350	1	11,090	9,701	165	159,443	162,402	4	165,361	159,804
12	10,264	11,188	1,25	12,133	10,377	170	164,443	167,402	4	170,361	164,804
14	11,916	13,026	1,5	14,135	12,051	175	169,443	172,402	4	175,361	169,804
16	13,916	15,026	1,5	16,135	14,051	180	174,443	177,402	4	180,361	174,804
18	15,916	17,026	1,5	18,135	16,051	185	179,443	182,402	4	185,361	179,804
20	17,916	19,026	1,5	20,135	18,051	190	184,443	187,402	4	190,361	184,804
22	19,916	21,026	1,5	22,135	20,051	195	189,443	192,402	4	195,361	189,804
24	21,222	22,701	2	24,180	21,402	200	194,443	197,402	4	200,361	194,804
27	24,222	25,701	2	27,180	24,402	205	199,443	202,402	4	205,361	199,804
30	27,222	28,701	2	30,180	27,402	210	204,443	207,402	4	210,361	204,804
33	30,222	31,701	2	33,180	30,402	215	209,443	212,402	4	215,361	209,804
36	31,832	34,052	3	36,280	32,102	220	214,443	217,402	4	220,361	214,804
39	34,832	37,052	3	39,270	35,102	225	219,443	222,402	4	225,361	219,804
42	37,832	40,052	3	42,270	38,102	230	224,443	227,402	4	230,361	224,804
45	40,832	43,052	3	45,270	41,102	235	229,443	232,402	4	235,361	229,804
48	43,832	46,052	3	48,270	44,102	240	234,443	237,402	4	240,361	234,804
52	47,832	50,052	3	52,270	48,102	245	239,443	242,402	4	245,361	239,804
56	50,443	53,402	4	56,361	50,804	250	244,443	247,402	4	250,361	244,804
60	54,443	57,402	4	60,361	54,804	255	249,443	252,402	4	255,361	249,804
64	58,443	61,402	4	64,361	58,804	260	254,443	257,402	4	260,361	254,804
68	62,443	65,402	4	68,361	62,804	265	259,443	262,402	4	265,361	259,804
72	66,443	69,402	4	72,361	66,804	270	264,443	267,402	4	270,361	264,804
76	60,443	73,402	4	76,361	70,804	275	269,443	272,402	4	275,361	269,804
80	74,443	77,402	4	80,361	74,804	280	274,443	277,402	4	280,361	274,804
85	79,443	82,402	4	85,361	79,804	285	279,443	282,402	4	285,361	279,804
90	84,443	87,402	4	90,361	84,804	290	284,443	287,402	4	290,361	284,804
95	89,443	92,402	4	95,361	89,804	295	289,443	292,402	4	295,361	289,804
100	94,443	97,402	4	100,361	94,804	300	294,443	297,402	4	300,361	294,804
105	99,443	102,402	4	105,361	99,804	310	304,443	307,402	4	310,361	304,804
110	104,443	107,402	4	110,361	104,804	320	314,443	317,402	4	320,361	314,804
115	109,443	112,402	4	115,361	109,804	330	324,443	327,402	4	330,361	324,804
120	114,443	117,402	4	120,361	114,804	340	334,443	337,402	4	340,361	334,804
125	119,443	122,402	4	125,361	119,804	350	344,443	347,402	4	350,361	344,804
130	124,443	127,402	4	130,361	124,804	360	354,443	357,402	4	360,361	354,804
135	129,443	132,402	4	135,361	129,804	370	364,443	367,402	4	370,361	364,804
140	134,443	137,402	4	140,361	134,804	380	374,443	377,402	4	380,361	374,804
145	139,443	142,402	4	145,361	139,804	390	384,443	387,402	4	390,361	384,804
150	144,443	147,402	4	150,361	144,804	400	394,443	397,402	4	400,361	394,804

Диаметров, поставленных в скобки, по возможности не применять.

В исключительных случаях, когда необходимо применять резьбу, диаметр которой не содержится в данной таблице, следует для резьб до 100 *мм* включительно выбирать диаметры из ряда целых чисел, а для резьб свыше 100 *мм* выбирать диаметры, отличающиеся на 2, 5 и 8.

Допустим вариант профиля нарезки, в котором очертание дна впадин взамен дуги выполняется прямой, касательной к дуге, при сохранении всех табличных размеров для отдельных элементов (исключ. r).

Резьба метрическая 2-я мелкая
(по ОСТ 272)
для диаметров от 24 до 300 *мм*.



Шаг	s	
Высота нарезки до острого края	t_0	$0,8660 \cdot s$
Высота нарезки .	t_1	$0,6916 \cdot s$
Рабочая высота нарезки	t_2	$0,6495 \cdot s$
Зазор при вершине нарезки. . .	z	$0,0451 \cdot s$
Радиус закругления при основании нарезки . .	r	$0,0361 \cdot s$

Шаг резьбы s	Высота нарезки t_1	Рабочая высота нарезки t_2	Зазор z	Радиус r
1,5	1,042	0,974	0,068	0,095
2,0	1,389	1,299	0,090	0,128
3,0	2,084	1,948	0,135	0,189

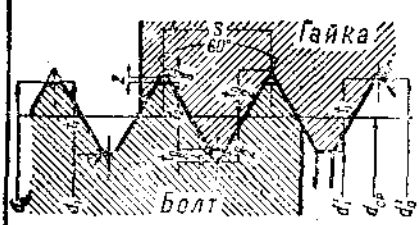
мм

Болт		Болт и гайка		Гайка		Болт		Болт и гайка		Гайка	
Диам. резьбы		Средний диаметр резьбы	Шаг резьбы	Диаметр резьбы		Диам. резьбы		Средний диаметр резьбы	Шаг резьбы	Диаметр резьбы	
нар	внутр.			наружн.	внутр.	нар.	внутр.			наружн.	внутр.
d_0	d_1	$d_{ср}$	s	d_0'	d_1'	d_0	d_1	$d_{ср}$	s	d_1'	d_0'
24	21,916	23,026	1,5	24,135	22,051	155	150,832	153,052	3	155,270	151,102
27	28,916	26,026	1,5	27,135	25,051	160	155,832	158,052	3	160,270	156,102
30	27,916	29,026	1,5	30,135	28,051	165	160,832	163,052	3	165,270	161,102
33	30,916	32,026	1,5	33,135	31,051	170	165,832	168,052	3	170,270	166,102
36	33,222	34,701	2	36,180	33,402	175	170,832	173,052	3	175,270	171,102
39	36,222	37,701	2	39,180	36,402	180	175,832	178,052	3	180,270	176,102
42	39,222	40,701	2	42,180	39,402	185	180,832	183,052	3	185,270	181,102
45	42,222	43,701	2	45,180	42,402	190	185,832	188,052	3	190,270	186,102
48	45,222	46,701	2	48,180	45,402	195	190,832	193,052	3	195,270	191,102
52	49,222	50,701	2	52,180	49,402	200	195,832	198,052	3	200,270	196,102
56	51,832	54,052	3	56,270	52,102	205	200,832	203,052	3	205,270	201,102
60	55,832	58,052	3	60,270	56,102	210	205,832	208,052	3	210,270	206,102
64	59,832	62,052	3	64,270	60,102	215	210,832	213,052	3	215,270	211,102
68	63,832	66,052	3	68,270	61,102	220	215,832	218,052	3	220,270	216,102
72	67,832	70,052	3	72,270	68,102	225	220,832	223,052	3	225,270	221,102
76	71,832	74,052	3	76,270	72,102	230	225,832	228,052	3	230,270	226,102
80	75,832	78,052	3	80,270	76,102	235	230,832	233,052	3	232,270	231,102
85	80,832	83,052	3	85,270	81,102	240	235,832	238,052	3	240,270	236,102
90	85,832	88,052	3	90,270	86,102	245	240,832	243,052	3	245,270	241,102
95	90,832	93,052	3	95,270	91,102	250	245,832	248,052	3	250,270	246,102
100	95,832	98,052	3	100,270	96,102	255	250,832	253,052	3	255,270	251,102
105	100,832	103,052	3	105,270	101,102	260	255,832	258,052	3	260,270	256,102
110	105,832	108,052	3	110,270	106,102	265	260,832	263,052	3	265,270	261,102
115	110,832	113,052	3	115,270	111,102	270	265,832	268,052	3	270,270	266,102
120	115,832	118,052	3	120,270	116,102	275	270,832	273,052	3	275,270	271,102
125	120,832	123,052	3	125,270	121,102	280	275,832	278,052	3	280,270	276,102
130	125,832	128,052	3	130,270	126,102	285	280,832	283,052	3	285,270	281,102
135	130,832	133,052	3	135,270	131,102	290	285,832	288,052	3	290,270	286,102
140	135,832	138,052	3	140,270	136,102	295	290,832	293,052	3	295,270	291,102
145	140,832	143,052	3	145,270	141,102	300	295,832	298,052	3	300,270	296,102
150	145,832	148,052	3	150,270	146,102						

В исключительных случаях, когда необходимо применить резьбу, диаметр которой не содержится в данной таблице, следует для резьб до 100 *мм* исключительно выбирать диаметры из ряда целых чисел, а для резьб свыше 100 *мм* выбирать диаметры, оканчивающиеся на 2, 5 и 8.

Допустим вариант профиля нарезки, в котором очертание дна впадин взамен дуги выполняется прямой, касательной к дуге, при сохранении всех табличных размеров для отдельных моментов (исключ. r).

Резьба метрическая 3-я мелкая
(по ОСТ 4120)
для диаметров от 8 до 200 *мм*



Шаг	s	
Высота нарезки до острого края	t_0	$0{,}8660 \cdot s$
Высота нарезки	t_1	$0{,}6946 \cdot s$
Рабочая высота нарезки	t_2	$0{,}6495 \cdot s$
Зазор при вершине нарезки .	z	$0{,}0451 \cdot s$
Радиус закругления при основании нарезки .	r	$0{,}0631 \cdot s$

мм

Шаг резьбы s	Высота нарезки t_1	Рабочая высота нарезки t_2	Зазор $\approx z$	Радиус r	Шаг резьбы s	Высота нарезки t_1	Рабочая высота нарезки t_2	Зазор $\approx z$	Радиус r
0,5	0,347	0,325	0,023	0,032	1,5	1,042	0,974	0,068	0,095
0,75	0,521	0,487	0,034	0,047	2	1,389	1,299	0,090	0,126
1	0,695	0,650	0,045	0,063					

мм

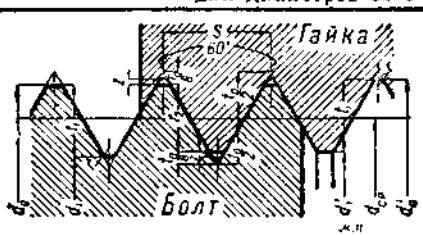
Болт		Болт и гайка		Гайка	
Диаметр резьбы		Средний диаметр резьбы	Шаг резьбы	Диаметр резьбы	
наружный	внутренний			наружный	внутренний
d_0	d_1	$d_{ср}$	s	d_0'	d_1'
8	7,305	7,675	0,5	8,045	7,350
9	8,305	8,675	0,5	9,045	8,350
10	9,305	9,675	0,5	10,045	9,350
11	10,305	10,675	0,5	11,045	10,350
12	10,958	11,513	0,75	12,068	11,026
14	12,958	13,513	0,75	14,068	13,026
16	14,958	15,513	0,75	16,068	15,026
18	16,958	17,513	0,75	18,068	17,026
20	18,958	19,513	0,75	20,068	19,026
22	20,958	21,513	0,75	22,068	21,026
24	22,611	23,350	1	24,090	22,701
27	25,611	23,350	1	27,090	25,701
30	28,611	29,350	1	30,090	28,701
33	31,611	32,350	1	33,090	31,701

Болт		Болт и гайка		Гайка	
Диаметр резьбы		Средний диаметр резьбы	Шаг резьбы	Диаметр резьбы	
наружный	внутренний			наружный	внутренний
d_0	d_1	$d_{ср}$	s	d_0'	d_1'
36	33,916	35,026	1,5	36,135	34,051
39	36,916	38,026	1,5	39,135	37,051
42	39,916	41,026	1,5	42,135	40,051
45	42,916	44,026	1,5	45,135	43,051
48	45,916	47,026	1,5	48,135	46,051
52	49,916	51,026	1,5	52,135	50,051
56	53,222	54,701	2	56,180	53,402
60	57,222	58,701	2	60,180	57,402
64	61,222	62,701	2	64,180	61,402
68	65,222	66,701	2	68,180	65,402
72	69,222	70,701	2	72,180	69,402
76	73,222	74,701	2	76,180	73,402
80	77,222	78,701	2	80,180	77,402
85	82,222	83,701	2	85,180	82,402
90	87,222	88,701	2	90,180	87,402
95	92,222	93,701	2	95,180	92,402
100	97,222	98,701	2	100,180	97,402
105	102,222	103,701	2	105,180	102,402
110	107,222	108,701	2	110,180	107,402
115	112,222	113,701	2	115,180	112,402
120	117,222	118,701	2	120,180	117,402
125	122,222	123,701	2	125,180	122,402
130	127,222	128,701	2	130,180	127,402
135	132,222	133,701	2	135,180	132,402
140	137,222	138,701	2	140,180	137,402
145	142,222	143,701	2	145,180	142,402
150	147,222	148,701	2	150,180	147,402
155	152,222	153,701	2	155,180	152,402
160	157,222	158,701	2	160,180	157,402
165	162,222	163,701	2	165,180	162,402
170	167,222	168,701	2	170,180	167,402
175	172,222	173,701	2	175,180	172,402
180	177,222	178,703	2	180,180	177,402
185	182,222	183,701	2	185,180	182,402
190	187,222	188,701	2	190,180	187,402
195	192,222	193,701	2	195,180	192,402
200	197,222	198,701	2	200,180	197,402

В исключительных случаях, когда необходимо применить резьбу, диаметр которой не содержится в данной таблице, следует для резьб до 100 *мм* включительно выбирать диаметры из ряда целых чисел, а для резьб свыше 100 *мм* выбирать диаметры, оканчивающиеся на 2, 5 и 8.

Допустим вариант профиля нарезки, в котором очертание дна впадин взамен дуги выполняется прямой, касательной к дуге, при сохранении всех табличных размеров для отдельных элементов (исключ. r).

Резьба метрическая 4-ая мелкая (по ОСТ 4124)
для диаметров от 9 до 150 *мм*.



Шаг	s	
Высота нарезки до острого края	t_0	$0{,}8660 \cdot s$
Высота нарезки .	t_1	$0{,}6946 \cdot s$
Рабочая высота нарезки	t_2	$0{,}6495 \cdot s$
Зазор при вершине нарезки . . .	z	$0{,}0451 \cdot s$
Радиус закругления при основании нарезки . .	r	$0{,}0531 \cdot s$

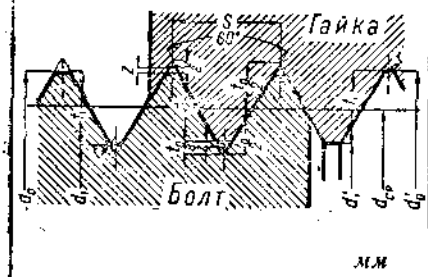
Шаг резьбы s	Высота нарезки t_1	Рабочая высота нарезки t_2	Зазор $\approx z$	Радиус r
0,35	0,243	0,227	0,016	0,022
0,4	0,347	0,325	0,023	0,032
0,75	0,521	0,487	0,034	0,047
1	0,695	0,650	0,045	0,063
1,5	1,042	0,974	0,068	0,095

мм

Болт		Болт и гайка		Гайка	
Диаметр резьбы		Средний диаметр резьбы	Шаг резьбы	Диаметр резьбы	
наружный	внутренний			наружный	внутренний
d_0	d_1	$d_{ср}$	s	d_0	d_1'
9	8,514	8,773	0,35	9,032	8,546
10	9,514	9,773	0,35	10,032	9,546
11	10,514	10,773	0,35	11,032	10,546
12	11,305	11,675	0,5	12,045	11,350
14	13,305	13,675	0,5	14,045	13,350
16	15,305	15,675	0,5	16,045	15,350
18	17,305	17,675	0,5	18,045	17,350
20	19,305	19,675	0,5	20,045	19,350
22	21,305	21,675	0,5	22,045	21,350
24	22,958	23,513	0,75	24,068	23,026
27	25,958	26,513	0,75	27,068	26,026
30	28,958	29,513	0,75	30,068	29,026
33	31,958	32,513	1	33,068	32,026
36	34,611	35,350	1	36,090	34,701
39	37,611	38,350	1	39,090	37,701
42	40,611	41,350	1	42,090	40,701
45	43,611	44,350	1	45,090	43,701
48	46,611	47,350	1	48,090	46,701
52	50,671	51,350	1,5	52,090	50,701
56	53,916	55,026	1,5	56,135	54,051
60	57,916	59,026	1,5	60,135	58,051
64	61,916	63,026	1,5	64,135	62,051
68	65,916	67,026	1,5	68,135	66,051
72	69,916	71,026	1,5	72,135	70,051
76	73,916	75,026	1,5	76,135	74,051
80	77,916	79,026	1,5	80,135	78,051
85	82,916	84,026	1,5	85,135	83,051
90	87,916	89,026	1,5	90,135	88,051
95	92,916	94,026	1,5	95,135	93,051
100	97,916	99,026	1,5	100,135	98,051
105	102,916	104,026	1,5	105,135	103,051
110	107,916	109,026	1,5	110,135	108,051
115	112,916	114,026	1,5	115,135	113,051
120	117,916	119,026	1,5	120,135	118,051
125	122,916	124,026	1,5	125,135	123,051
130	127,916	129,026	1,5	130,135	128,051
135	132,916	134,026	1,5	135,135	133,051
140	137,916	139,026	1,5	140,135	138,051
145	142,916	144,026	1,5	145,135	143,051
150	147,916	149,026	1,5	150,135	148,051

Примечание то же, что и на стр. 620.

Резьба метрическая 5-я мелкая
(по ОСТ 4122)
для диаметров от 42 до 125 *мм*.



Шаг	s	
Высота нарезки до острого края	t_0	$0{,}8660 \cdot s$
Высота нарезки.	t_1	$0{,}6946 \cdot s$
Рабочая высота нарезки	t_2	$0{,}6495 \cdot s$
Зазор при вершине нарезки .	z	$0{,}0451 \cdot s$
Радиус закругления при основании нарезки .	r	$0{,}0631 \cdot s$

Шаг резьбы s	Высота нарезки t_1	Рабочая высота нарезки t_2	Зазор $\approx z$	Радиус r
0,75	0,521	0,487	0,034	0,047
1	0,695	0,650	0,045	0,063

мм

Болт		Болт и гайка		Гайка	
Диаметр резьбы		Средний диаметр резьбы	Шаг резьбы	Диаметр резьбы	
наружный	внутренний			наружный	внутренний
d_0	d_1	$d_{ср}$	s	d_0'	d_1'
42	40,958	41,513	0,75	42,068	41,026
45	43,958	44,513	0,75	45,068	44,026
48	46,958	47,513	0,75	48,068	47,026
52	50,958	51,513	0,75	52,068	51,026
56	54,611	55,350	1	56,090	54,701
60	58,611	59,350	1	60,090	58,701
64	62,611	63,350	1	64,090	62,701
68	66,611	67,350	1	68,090	66,701
72	70,611	71,350	1	72,090	70,701
76	74,611	75,350	1	76,090	74,701
80	78,611	79,350	1	80,090	78,701
85	83,611	84,350	1	85,090	83,701
90	88,611	89,350	1	90,090	88,701
95	93,611	94,350	1	95,090	93,701
100	98,611	99,350	1	100,090	98,701
105	103,611	104,350	1	105,090	103,701
110	108,611	109,350	1	110,090	108,701
115	113,611	114,350	1	115,090	113,701
120	118,611	119,350	1	120,090	118,701
125	123,611	124,350	1	125,090	123,701

Примечание то же, что и на стр. 620.

Сводная таблица шагов метрических резьб по ОСТ.

Коэфициент измельчения (отношение шага основной резьбы к шагу данной мелкой резьбы) равен для 1-й мелкой резьбы ≈ 1,5; 2-ой ≈ 2; 3-ей ≈ 3; 4-ой ≈ 4; 5-ой ≈ 6.

Диаметр d_0	Шаги. Резьба метрическая: основная	1-я мелк.	2-я мелк.	3-я мелк.	4-я мелк.	5-я мелк.	Диаметры d_0	Шаги. Резьба метрическая: основная	1-я мелк.	2-я мелк.	3-я мелк.
1	0,25	0,2	—	—	—	—	165	6	4	3	2
1.2	0 25	0.2	—	—	—	—	170	6	4	3	2
1.4	0.3	0.2	—	—	—	—	175	6	4	3	2
1,7	0 35	0,2	—	—	—	—	180	6	4	3	2
2	0,4	0.25	—	—	—	—	185	6	4	3	2
2,3	0.4	0.25	—	—	—	—	190	6	4	3	2
2,6	0.45	0 35	—	—	—	—	195	6	4	3	2
3	0.5	0.35	—	—	—	—	200	6	4	3	2
3.5	(0 6)	0 35	—	—	—	—	205	6	4	3	—
4	0.7	0.5	—	—	—	—	210	6	4	3	—
4.5	—	(0 5)	—	—	—	—	215	6	4	3	—
5	0.8	0 5	—	—	—	—	220	6	4	3	—
5.5	—	(0 5)	—	—	—	—	225	6	4	3	—
6	1	0,75	—	—	—	—	230	6	4	3	—
7	(1)	(0,75)	—	—	—	—	235	6	4	3	—
8	1.25	1	—	0 5	—	—	240	6	4	3	—
9	(1,25)	(1)	—	0 5	0,35	—	245	6	4	3	—
10	1.5	1	—	0 5	0.35	—	250	6	4	3	—
11	(1 5)	(1)	—	0,5	0,35	—	255	6	4	3	—
12	1,75	1.25	—	0,75	0,5	—	260	6	4	3	—
14	2	1,5	—	0,75	0,5	—	265	6	4	3	—
16	2	1.5	—	0,75	0,5	—	270	6	4	3	—
18	2.5	1,5	—	0.75	0,5	—	275	6	4	3	—
20	2 5	1 5	—	0 75	0 5	—	280	6	4	3	—
22	2 5	1.5	—	0,75	0,5	—	285	6	4	3	—
24	3	2	1 5	1	0,75	—	290	6	4	3	—
27	3	2	1.5	1	0,75	—	295	6	4	3	—
30	3,5	2	1,5	1	0,75	—	300	6	4	3	—
33	(3,5)	2	1,5	1	0,75	—	310	6	4	—	—
36	4	3	2	1,5	1	—	320	6	4	—	—
39	(4)	3	2	1,5	1	—	330	6	4	—	—
42	4.5	3	2	1,5	1	0.75	340	6	4	—	—
45	(4.5)	3	2	1,5	1	0,75	350	6	4	—	—
48	5	3	2	1,5	1	0,75	360	6	4	—	—
52	(5)	3	2	1 5	1	0,75	370	6	4	—	—
56	5.5	4	3	2	1,5	1	380	6	4	—	—
60	(5,5)	4	3	2	1.5	1	390	6	4	—	—
64	6	4	3	2	1,5	1	400	6	4	—	—
68	(6)	4	3	2	1,5	1	410	6	—	—	—
72	6	4	3	2	1 5	1	420	6	—	—	—
76	6	4	3	2	1.5	1	430	6	—	—	—
80	6	4	3	2	1 5	1	440	6	—	—	—
85	6	4	3	2	1,5	1	450	6	—	—	—
90	6	4	3	2	1,5	1	460	6	—	—	—
95	6	4	3	2	1 5	1	470	6	—	—	—
100	6	4	3	3	1,5	1	480	6	—	—	—
105	6	4	3	2	1 5	1	490	6	—	—	—
110	6	4	3	2	1.5	1	500	6	—	—	—
115	6	4	3	2	1,5	1	510	6	—	—	—
120	6	4	3	2	1.5	1	520	6	—	—	—
125	6	4	3	2	1,5	1	530	6	—	—	—
130	6	4	3	2	1.5	—	540	6	—	—	—
135	6	4	3	2	1 5	—	550	6	—	—	—
140	6	4	3	2	1.5	—	560	6	—	—	—
145	6	4	3	2	1,5	—	570	6	—	—	—
150	6	4	3	2	1,5	—	580	6	—	—	—
155	6	4	3	2	—	—	590	6	—	—	—
160	6	4	3	2	—	—	600	6	—	—	—

Размеров, заключенных в скобки, по возможности не применять.

Метрическая мелкая резьба 4-я, 5-я, 6-я, 7-я, 8-я, 9-я (по DIN). [1])

(Профиль нарезки такой же, как для метрических резьб по ОСТ). Резьбы изготовляются с указанными диаметрами (d_0) и шагами (s).

Метр мелк. 4-я по DIN 516	Метр мелк. 5-я по DIN 517	Метр. мелк. 6-я по DIN 518	Метр. мелк. 7-я по DIN 519	Метр. мелк. 8-я по DIN 520	Метр. мелк. 9-я по DIN 521
Шаг s =					
1,5	1	0,75	0,5	0,35	0,25
Диаметр винта d_0 =					
12 12,5 13	9 9,5 10	6 6,5 7	4,5 5 5,5	3 3,5 4	2,3 2,6 3
13,5 14 14,5	10,5 11 11,5	7,5 8 8,5	6 6,5 7	4,5 5 5,5	3,5 4 4,5
15 16 17	12 12,5 13	9 9,5 10	7,5 8 8,5	6 6,5 7	5 5,5 6
18 19 20	13,5 14 14,5	10,5 11 11,5	9 9,5 10	7,5 8 8,5	6,5 7 7,5
21 22 23	15 16 17	12 12,5 13	10,5 11 11,5	9 9,5 10	8 8,5 9
24 25 26	18 19 20	13,5 14 14,5	12 12,5 13	10,5 11 11,5	9,5 10 10,5
27 28 29	21 22 23	15 16 17	13,5 14 14,5	12 12,5 13	11 11,5 12
30 31 32	24 25 26	18 19 20	15 16 17	13,5 14 14,5	12,5 13 13,5
33 34 35	27 28 30	21 22 23	18 19 20	15 16 17	14 14,5 15
36 37 38	32 33 34	24 25 26	21 22 23	18 19 20	15 17 18
39 40 41	35 36 38	27 28 30	24 25 26	21 22 23	19 20 21
42 43 44	40 42 44	32 33 34	27 28 30	24 25 26	22
45 46 47	45 46 48	35 36 38	32 33 34	27 28 30	
48 49 50	50 52 55	40 42 44	35 36 38	32 33 34	
51 52 55	58 60 62	45 46 48	40 42 44	35 36 38	
58 60 62	65 68 70	50 52 55	45 46 48	40 42 44	
65 68 70	72 75 78	58 60 62	50 52 55	45 49 48	
72 75 78	80 82	65 68 70	58 60 62	50	
80 82 85		72 75 78	65 68 70		
88 90 92		80	73 75 78		
95 98 100			80		
105 110 115					
120 125 130					
135 140 145					
150 155 160					
165 170 175					
180 185 190					
195 200 210					
220 230 240					
250					

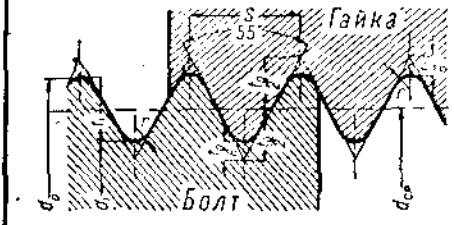
Формулы для определения диаметров винтов гаек.

Мелкая резьба № . .	4	5	6	7	8	9
Шаг s	1,5	1	0,75	0,5	0,35	0,25
Наружн. диаметр резьбы болта d_0	смотри верхнюю таблицу					
Внутренний диаметр резьбы болта d_1 . .	$d_0-2,034$	$d_0-1,350$	$d_0-1,042$	$d_0-0,694$	$d_0-0,456$	$d_0-0,348$
Наружн. диаметр резьбы гайки d_0	$d_0+0,136$	$d_0+0,090$	$d_0+0,068$	$d_0+0,044$	$d_0+0,032$	$d_0+0,024$
Внутренний диаметр резьбы гайки d_1 . .	$d_0-1,948$	$d_0-1,300$	$d_0-0,9974$	$d_0-0,650$	$d_0-0,454$	$d_0-0,324$
Средний диам. $d_{ср}$ . .	$d_0-0,974$	$d_0-0,650$	$d_0-0,487$	$d_0-0,325$	$d_0-0,227$	$d_0-0,162$

[1]) Метрические мелкие резьбы 1-я, 2-я и 3-я не приведены, так как 3-я соответствует ОСТ 271, стр. 618, 2-я соотв. ОСТ 272, стр. 618, а 1-я вошла в ОСТ 193, стр. 614.

Дюймовая резьба
(по ОСТ 33-а)
по системе Витворта без зазора при вершине нарезки для диаметров от $^3/_{16}''$ до 4''.

(Заменен с 1-го января 1933 г. ОСТ 1260 см. стр. 628). [1])



Шаг	s	$25{,}4 : n$
Число ниток на 1'' .	n	
Высота нарезки до остр. края .	t_0	$0{,}96049 \cdot s$
Высота нарезки .	t_1	$0{,}64031 \cdot s$
Радиус закругления при вершине на резьбе . .	r	$0{,}13733 \cdot s$
Площадь поперечн. сечения болта	F	$\pi d_0^2 : 4$

мм

Номинальный диаметр резьбы (дюймы)	Болт и гайка								
	Диам. резьбы		Площадь сечения стержня F см²	Средний диаметр резьбы $d_{ср}$	Шаг резьбы s	Высота нарезки t_1	Радиус r	Число ниток на 1'' n	Высота нарезки до острого края t_0
	наружный d_0	внутренний d_1							
$^3/_{16}$	4,762	3,409	0,091	4,085	1,058	0,677	0,145	24	1,017
$^1/_4$	6,350	4,721	0,175	5,537	1,270	0,813	0,174	20	1,220
$^5/_{16}$	7,938	6,131	0,295	7,034	1,411	0,904	0,194	18	1,355
$^3/_8$	9,525	7,492	0,441	8,509	1,588	1,017	0,218	16	1,525
($^7/_{16}$)	11,112	8,789	0,607	9,951	1,814	1,162	0,249	14	1,743
$^1/_2$	12,700	9,989	0,784	11,345	2,117	1,356	0,291	12	2,033
($^9/_{16}$)	14,288	11,577	1,052	12,932	2,117	1,356	0,291	12	2,033
$^5/_8$	15,875	12,918	1,311	14,397	2,309	1,479	0,317	11	2,218
$^3/_4$	19,050	15,798	1,960	17,424	2,540	1,626	0,349	10	2,440
$^7/_8$	22,225	18,611	2,720	20,418	2,822	1,807	0,388	9	2,711
1	25,400	21,334	3,575	23,367	3,175	2,033	0,436	8	3,050
$1^1/_8$	28,575	23,929	4,497	26,252	3,629	2,323	0,499	7	3,485
$1^1/_4$	31,750	27,104	5,770	29,427	3,629	2,323	0,193	7	3,485
($1^3/_8$)	34,925	29,504	6,837	32,215	4,233	2,711	0,581	6	4,066
$1^1/_2$	38,100	32,679	8,388	35,390	4,233	2,711	0,581	6	4,066
($1^5/_8$)	41,275	34,770	9,495	38,023	5,080	3,253	0,698	5	4,879
$1^3/_4$	44,450	37,945	11,308	41,198	5,080	3,253	0,698	5	4,879
($1^7/_8$)	47,625	40,397	12,817	44,011	5,644	3,614	0,775	$4^1/_2$	5,421
2	50,800	43,572	14,911	47,186	5,644	3,614	0,775	$4^1/_2$	5,421
$2^1/_4$	57,150	49,013	18,872	53,086	6,350	4,066	0,872	4	6,099
$2^1/_2$	63,500	55,369	21,075	59,434	6,350	4,066	0,872	4	6,099
$2^3/_4$	69,850	60,557	28,802	65,204	7,257	4,647	0,997	$3^1/_2$	6,970
3	76,200	66,907	35,159	71,554	7,257	4,647	0,997	$3^1/_2$	6,970
$3^1/_4$	82,550	72,542	41,330	77,546	7,815	5,004	1,073	$3^1/_4$	7,507
$3^1/_2$	88,900	78,892	48,883	83,896	7,815	5,004	1,073	$3^1/_4$	7,507
$3^3/_4$	95,250	84,409	55,959	89,823	8,467	5,421	1,163	3	8,132
4	101,600	90,759	64,695	96,179	8,467	5,421	1,163	3	8,132

Размер d_0 равен размеру d'_0 в таблице ОСТ 33-б.

Диаметров резьбы, стоящих в скобках, по возможности не применять.

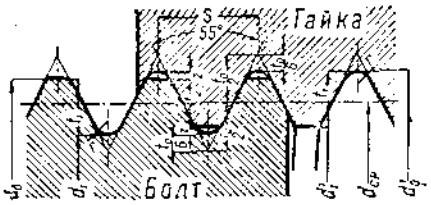
Ввиду утверждения в качестве обязательного стандарта метрической резьбы: а) для диаметров от 1 до 5 *мм* (ОСТ 94) и б) для диаметров от 72 до 600 *мм* (ОСТ 193), диаметры $^3/_{16}''$, 3'', $3^1/_4''$, $3^1/_2''$, $3^3/_4''$ и 4'' не должны применяться при стандартизации резьбовых изделий и оставлены в таблице ОСТ 33-а как справочный материал.

[1]) Таблица помещена для облегчения перехода с ОСТ 33-а на ОСТ 1260.

Дюймовая резьба
(по ОСТ 33-6)

по системе Витворта с зазором при вершине нарезки для диаметров от $^3/_{16}''$ до 4".

(Заменен с 1-го января 1933 г. ОСТ 1260, см. стр. 628). [1]



Шаг	s	$25{,}4 : n$
Число ниток на 1"	n	
Высота нарезки до острого края	t_0	$0{,}96049 \cdot s$
Высота нарезки	t_1	$0{,}56633 \cdot s$
Рабочая высота нарезки	t_2	$0{,}49283 \cdot s$
Зазор при вершине нарезки	z	$0{,}074 \cdot s$
Радиус закругл. при основании нарезки	r	$0{,}13733 \cdot s$
Площадь поперечного сечения болта	F	$\pi d_1^2 : 4$

мм

Номинальный диаметр резьбы (дюймы)	Болт			Болт и гайка								Гайка	
	Диаметр резьбы		Площадь сечения стержня F см²	Средн. диаметр резьбы $d_{ср}$	Шаг резьбы s	Высота нарезки t_1	Рабочая высота нарезки t_2	Зазор z	Радиус r	Число ниток на 1" n	Высота нарезки до острого края t_0	Диаметр резьбы	
	наружный d_0	внутренний d_1										наружный d_0'	внутренний d_1'
$^3/_{16}$	4,606	3,408	0,091	4,085	1,058	0,599	0,521	0,078	0,145	24	1,017	4,762	3,564
$^1/_4$	6,162	4,724	0,175	5,537	1,270	0,719	0,625	0,094	0,174	20	1,220	6,350	4,912
$^5/_{16}$	7,729	6,131	0,295	7,034	1,411	0,799	0,695	0,104	0,194	18	1,355	7,938	6,339
$^3/_8$	9,290	7,492	0,441	8,509	1,588	0,899	0,782	0,117	0,218	16	1,525	9,525	7,727
($^7/_{16}$)	10,844	8,789	0,607	9,951	1,814	1,027	0,803	0,134	0,249	14	1,743	11,112	9,058
$^1/_2$	12,387	9,989	0,784	11,345	2,117	1,199	1,042	0,156	0,291	12	2,033	12,700	10,302

(9/16)	13,974	11,577	1,052	12,932	2,117	1,199	1,042	0,156	0,291	12	2,033	14,288	11,890
5/8	15,534	12,918	1,311	14,397	2,309	1,308	1,137	0,171	0,317	11	2,218	15,875	13,260
3/4	18,675	15,798	1,960	17,424	2,540	1,438	1,251	0,188	0,349	10	2,440	19,050	16,173
7/8	21,808	18,611	2,720	20,418	2,822	1,598	1,389	0,209	0,388	9	2,711	22,225	19,028
1	24,931	21,334	3,575	23,367	3,175	1,798	1,563	0,235	0,436	8	3,050	25,400	21,804
1 1/8	28,039	23,929	4,497	26,252	3,629	2,055	1,786	0,268	0,498	7	3,485	28,575	24,465
1 1/4	31,214	27,104	5,770	29,427	3,629	2,055	1,786	0,268	0,498	7	3,485	31,750	27,640
(1 3/8)	34,299	29,504	6,837	32,215	4,233	2,397	2,084	0,313	0,581	6	4,066	34,925	30,130
1 1/2	37,474	32,679	8,388	35,390	4,233	2,397	2,084	0,313	0,581	6	4,066	38,100	33,305
(1 5/8)	40,524	34,770	9,495	38,022	5,080	2,877	2,501	0,376	0,698	5	4,879	41,275	35,521
1 3/4	43,699	37,945	11,308	41,198	5,080	2,877	2,501	0,376	0,698	5	4,879	44,450	38,696
(1 7/8)	46,791	40,397	12,817	44,011	5,644	3,197	2,779	0,417	0,775	4 1/2	5,421	47,625	41,232
2	49,966	43,572	14,911	47,186	5,644	3,197	2,779	0,417	0,775	4 1/2	5,421	50,800	44,407
2 1/4	56,211	49,019	18,872	53,084	6,350	3,596	3,126	0,469	0,872	4	6,099	57,150	49,958
2 1/2	62,561	55,369	24,078	59,434	6,350	3,596	3,126	0,469	0,872	4	6,099	63,500	56,308
2 3/4	68,777	60,557	28,802	65,204	7,257	4,110	3,573	0,536	0,997	3 1/2	6 970	69,850	61,630
3	75,127	66,907	35,159	71,554	7,257	4,110	3,573	0,536	0,997	3 1/2	6,970	76,200	67,980
3 1/4	81,395	72,542	41,330	77,546	7,815	4,426	3,848	0,578	1,073	3 1/4	7,507	82,550	73,698
3 1/2	87,745	78,892	48,883	83,896	7,815	4,426	3,848	0,578	1,073	3 1/4	7,507	88,900	80,048
3 3/4	93,998	84,409	55,959	89,829	8,467	4,795	4,168	0,626	1,163	3	8,132	95,250	85,660
4	100,348	90,759	64,695	96,179	8,467	4,795	4,168	0,626	1,163	3	8,132	101,600	92,010

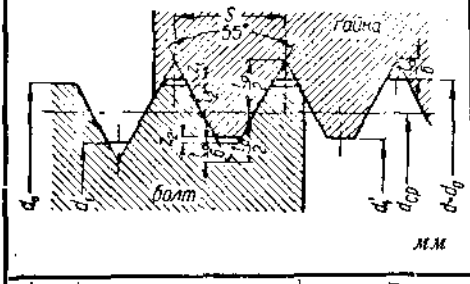
Диаметров резьбы, стоящих в скобках, по возможности не применять.

Ввиду утверждения, в качестве обязательного стандарта, метрической резьбы: а) для диаметров от 1 до 5 *мм* (ОСТ 94) и б) для диаметров от 72 до 600 *мм* (ОСТ 193), диаметры 3/16", 9", 3 1/4", 3 1/2", 3 3/4" и 4" не должны применяться при стандартизации резьбовых изделий и оставлены в таблице ОСТ 33-6 как справочный материал.

[1]) Таблица помещена для облегчения перехода с ОСТ 33-6 на ОСТ 1260.

Дюймовая резьба с углом между сторонами нарезки 55°

(по ОСТ 1260). [1])



Шаг	s	$25{,}4 : n$
Число ниток на 1″	n	
Высота нарезки до острого края	t_0	$0{,}96049 \cdot s$
Площадь поперечного сечения болта	F	$\pi d_1^2 : 4$

Номин. диам. резьбы (дюймы)	Болт: Диам. резьбы наружный	Болт: Диам. резьбы внутр.	Болт: Площадь сечения стержня	Болт и гайка: Средний диаметр резьбы	Шаг резьбы	Рабочая высота нарезки	Заворы		Число ниток на 1″	Выс. нарезки до остр. края	Гайка: Диам. резьбы наружный	Гайка: Диам. резьбы внутрен.
d	d_0	d_1	F см²	$d_{ср}$	s	t_2	z_1	z_2	n	t_0	d_0'	d_1'
5/16	4,63	3,408	0,091	4,085	1,058	0,535	0,069	0,076	24	1,017	4,762	3,56
1/4	6,20	4,724	0,175	5,537	1,270	0,645	0,075	0,093	20	1,220	6,350	4,91
5/16	7,78	6,131	0,295	7,034	1,411	0,720	0,079	0,104	18	1,355	7,938	6,34
3/8	9,36	7,492	0,441	8,509	1,588	0,815	0,083	0,119	16	1,525	9,525	7,73
(7/16)	10,93	8,749	0,607	9,951	1,814	0,935	0,091	0,136	14	1,743	11,112	9,06
1/2	12,50	9,959	0,784	11,345	2,117	1,100	0,100	0,155	12	2,033	12,700	10,30
(9/16)	14,08	11,577	1,052	12,932	2,117	1,095	0,104	0,156	12	2,033	14,288	11,89
5/8	15,65	12,918	1,311	14,3 7	2,309	1,195	0,113	0,171	11	2,218	15,875	13,2
3/4	18,81	15,798	1,960	17,424	2,540	1,320	0,120	0,186	10	2,440	19,050	16,17
7/8	21,96	18,611	2,720	20,418	2,822	1,455	0,133	0,209	9	2,711	22,225	19,03
1	25,11	21,334	3,575	23,367	3,175	1,655	0,145	0,233	8	3,050	25,400	21,80
1 1/8	28,25	23,929	4,497	26,252	3,629	1,895	0,163	0,265	7	3,485	28,575	24,46
1 1/4	31,42	27,104	5,770	29,427	3,629	1,890	0,165	0,265	7	3,485	31,750	27,64
(1 3/8)	34,56	29,504	6,837	32,215	4,233	2,215	0,183	0,313	6	4,066	34,925	30,13
1 1/2	37,73	32,679	8,388	35,390	4,233	2,210	0,185	0,316	6	4,066	38,100	33,31
(1 5/8)	40,85	34,779	9,495	38,022	5,080	2,665	0,215	0,375	5	4,879	41,275	35,52
1 3/4	44,02	37,945	11,308	41,198	5,080	2,660	0,215	0,378	5	4,879	44,450	38,70
(1 7/8)	47,15	40,397	12,817	44,011	5,644	2,960	0,238	0,416	4 1/2	5,421	47,625	41,23
2	50,32	43,572	14,911	47,186	5,644	2,955	0,240	0,419	4 1/2	5,421	50,800	44,41
2 1/4	56,62	49,019	18,872	53,084	6,350	3,330	0,265	0,471	4	6,099	57,150	49,96
2 1/2	62,97	55,369	24,078	59,434	6,350	3,330	0,265	0,471	4	6,099	63,500	56,31
2 3/4	69,26	60,557	28,802	65,204	7,257	3,815	0,295	0,537	3 1/2	6,970	69,850	61,63
3	75,61	66,907	35,159	71,554	7,257	3,815	0,295	0,537	3 1/2	6,970	76,200	67,98
3 1/4	81,91	72,542	41,330	77,546	7,815	4,105	0,320	0,579	3 1/4	7,507	82,550	73,70
3 1/2	88,26	78,892	48,863	83,896	7,815	4,105	0,320	0,579	3 1/4	7,507	88,900	80,05
3 3/4	94,55	84,409	55,959	89,829	8,467	4,445	0,350	0,626	3	8,132	95,254	85,66
4	100,90	90,759	64,695	96,179	8,467	4,445	0,350	0,626	3	8,132	101,600	92,01

Диаметров резьбы, стоящих в скобках, по возможности не применять.

Ввиду утверждения в качестве обязательного стандарта метрической резьбы; а) для диаметров от 1 до 5 *мм* (ОСТ 94) и б) для диаметров от 72 до 610 *мм* (ОСТ 193), диаметры 9/16″, 2″, 2 1/4″, 2 1/2″, 3 3/4″ и 4″ не должны применяться при стандартизации резьбовых изделий и оставлены в таблице ОСТ 1260 как справочный материал.

[1]) Взамен ОСТ 83-а и 83-б.

Дюймовая резьба по системе Витворта 1-ая мелкая
(по DIN 239).

Число ниток для всех диаметров 4 на 1″ (шаг = 6,3502).
(Профиль нарезки такой же, как для резьбы по ОСТ 33-6, см. стр. 625).

мм

Номин. диам.	Болт		$d_{ср}$	Гайка		Номин. диам.	Болт		$d_{ср}$	Гайка	
	d_0	d_1		d_0'	d_1'		d_0	d_1		d_0'	d_1'
56	55,060	47,868	51,934	56	48,807	229	228,060	220,868	224,934	229	221,807
60	59,060	51,868	55,934	60	52,807	234	233,060	225,868	229,934	234	226,807
64	63,060	55,868	59,934	64	56,807	239	238,060	230,868	234,934	239	23 ,807
68	67,060	59,868	63,934	68	60,807	244	243,060	235,868	239,934	244	236,807
72	71,060	63,868	67,934	72	64,807	249	248,060	240,868	244,934	249	241,807
76	75,060	67,868	71,934	76	68,807	254	253,060	245,868	249,934	254	246,807
80	79,060	71,868	75,934	80	72,807	259	258,060	250,868	254,934	259	251,807
84	83,060	75,868	79,934	84	76,807	264	263,060	255,868	259,934	264	256,807
89	88,060	80,868	84,934	89	81,807	269	268,060	260,868	264,934	269	261,807
94	93,060	85,868	89,934	94	86,807	274	273,060	265,868	269,934	274	266,807
99	98,060	90,868	94,934	99	91,807	279	278,060	270,868	274,934	279	271,807
104	103,060	95,868	99,934	104	96,807	284	283,060	275,868	279,934	284	276,807
109	108,060	100,868	104,934	109	101,807	289	288,060	280,868	284,934	289	281,807
114	113,060	105,868	109,934	114	106,807	294	293,060	285,868	289,934	294	286,807
119	118,060	110,868	114,934	119	111,807	299	298,060	290,868	294,934	299	291,807
124	123,060	115,868	119,934	124	116,807	309	308,060	300,868	304,934	309	301,807
129	128,060	120,868	124,934	129	121,807	319	318,060	310,868	314,934	319	311,807
134	133,060	125,868	129,934	134	126,807	329	328,060	320,868	324,934	329	321,807
139	138,060	130,868	134,934	139	131,807	339	338,060	330,868	334,934	339	331,807
144	143,060	135,868	139,934	144	136,807	349	348,060	340,868	344,934	349	341,807
149	148,060	140,868	144,934	149	141,807	359	358,060	350,868	354,934	359	351,807
154	153,060	145,868	149,934	154	146,807	369	368,060	360,868	364,934	369	361,807
159	158,060	150,868	154,934	159	151,807	379	378,060	370,868	374,934	379	371,807
164	163,060	155,868	159,934	164	156,807	389	388,060	380,868	384,934	389	381,807
169	168,060	160,868	164,934	169	161,807	399	398,060	390,868	394,934	399	391,807
174	173,060	165,868	169,934	174	166,807	409	408,060	400,868	404,934	409	401,807
179	178,060	170,868	174,934	179	171,807	419	418,060	410,868	414,934	419	411,807
184	183,060	175,868	179,934	184	176,807	429	428,060	420,868	424,934	429	421,807
189	188,060	180,868	184,934	189	181,807	439	438,060	430,868	434,934	439	431,807
194	193,060	185,868	189,934	194	186,807	449	448,060	440,868	444,934	449	441,807
199	198,060	190,868	194,934	199	191,807	459	458,060	450,868	454,934	459	451,807
204	203,060	195,868	199,934	204	196,807	469	468,060	460,868	464,934	469	461,807
209	208,060	200,868	204,934	209	201,807	479	478,060	470,868	474,934	479	471,807
214	213,060	205,868	209,934	214	206,807	489	488,060	480,868	484,934	489	481,807
219	218,060	210,868	214,934	219	211,807	499	498,060	490,868	494,934	499	491,807
224	223,060	215,868	219,934	224	216,807						

Дюймовая резьба по системе Витворта 2-ая мелкая
(по DIN 240).

(Профиль нарезки такой же, как для резьбы по ОСТ 33-6 см. стр. 625)

Диаметр . . . . . *мм*	20—33	36—52	56—189
Число ниток на 1″	10	8	6
Шаг . . . . . *мм*	2,5401	3,1751	4,[illegible]335

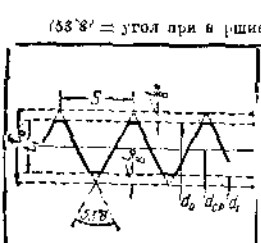
мм

Номинальный диаметр	Болт		$d_{ср}$	Гайка		Номинальный диаметр	Болт		$d_{ср}$	Гайка	
	d_0	d_1		d_0'	d_1'		d_0	d_1		d_0'	d_1'
20	19,624	16,746	18,373	20	17,122	94	93,374	88,580	91,290	94	89,206
22	21,624	18,746	20,373	22	19,122	99	98,374	93,580	96,290	99	94,206
24	23,624	20,746	22,373	24	21,122	104	103,374	98,580	101,290	104	99,206
27	26,624	23,746	25,373	27	24,122	109	108,374	103,580	106,290	109	104,206
30	29,624	26,746	28,373	30	27,122	114	113,374	108,580	111,290	114	109,206
33	32,624	29,746	31,373	33	30,122	119	118,374	113,580	116,290	119	114,206
36	35,530	31,934	33,967	36	32,404	124	123,374	118,580	121,290	124	119,206
39	38,530	34,934	36,967	39	35,404	129	128,374	123,580	126,290	129	124,206
42	41,530	37,934	39,967	42	38,404	13	133,374	128,580	131,290	134	129,206
45	44,530	40,934	42,967	45	41,404	139	138,374	133,580	136,290	139	134,206
48	47,530	43,934	45,967	48	44,404	144	143,374	138,580	141,290	144	139,206
52	51,530	47,934	49,967	52	48,404	149	148,374	143,580	146,290	149	144,206
56	55,374	50,580	53,290	56	51,206	154	153,374	148,580	151,290	154	149,206
60	59,374	54,580	57,290	60	55,206	159	158,374	153,580	156,290	159	154,206
64	63,374	58,580	61,290	64	59,206	164	163,374	158,580	161,290	164	159,206
68	67,374	62,580	65,290	68	63,206	169	168,374	163,580	166,290	169	164,206
72	71,374	66,580	69,290	72	67,206	174	173,374	168,580	171,290	174	169,206
76	75,374	70,580	73,290	76	71,206	179	178,374	173,580	176,290	179	174,206
80	79,374	74,580	77,290	80	75,206	184	183,374	178,580	181,290	184	179,206
84	83,374	78,580	81,290	84	79,206	189	188,374	183,580	186,290	189	184,206
89	88,374	83,580	86,290	89	84,206						

Резьба Левенгерца [1])

для точной механики, оптики и электротехники; в СССР, Германии и Австрии была распространена как резьба для точной механики. Первоначально предназначалась как остроугольная резьба; на конгрессе в Мюнхене в 189[illegible] г. *была принята для Германии* с притуплением нарезки по прямой для нужд точной механики. В СССР эта резьба практически уже заменена ОСТ 94 и ОСТ 32.

(53°8′ = угол при вершине вписанного в квадрат равнобедренного треугольника).



Наружн. диаметр . . .	d_0	
Внутренн. диаметр . . .	d_1	$d_0 - 2t$; $d_0 - 1{,}5 \cdot s$
Средний диаметр	d_{cp}	$^1/_2 (d_0 + d_1)$; $d_0 - 0{,}75 \cdot s$
Шаг = высоте нарезки до острого края . . .	$s = t_0$	$25{,}4 : n$
Высота нарезки	t_1	$0{,}75 \cdot t_0$; $0{,}75 \cdot s$

Наружн. диам. d_0 . . . мм	1	1,2	1,4	1,7	2	2,3	2,6	3	3,5
Шаг s . . . . . мм	0,25	0,25	0,3	0,35	0,4	0,4	0,45	0,5	0,6
Внутренн. диам. d_1 . . . „	0,825	0,825	0,95	1,175	1,4	1,7	1,925	2,25	2,6
Средний диам. d_{cp} . . . „	0,812	1,012	1,175	1,437	1,700	2,000	2,262	2,625	3,050
Спиральн. сверло под резьбу . . . . . „	0,65	0,85	1	1,2	1,5	1,75	2	2,35	2,7

Наружн. диам. d_0 . . . мм	4	4,5	5	5,5	6	7	8	9	10
Шаг s . . . . . мм	0,7	0,75	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4
Внутр. диам. d_1 . . . „	2,95	3,375	3,8	4,15	4,5	5,85	6,2	7,05	7,9
Средн. диам. d_{cp} . . . „	3,475	3,937	4,400	4,825	5,250	6,175	7,100	8,025	8,950
Спиральн. сверло под резьбу . . . . . „	3,1	3,5	3,9	4,3	4,6	5,5	6,4	7,25	8,2

Метрическая резьба для производства часов и мелких механизмов (по проекту ISA).

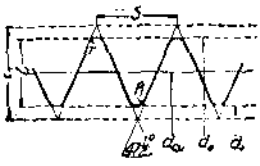
Эта резьба получила одобрение большинства членов технической комиссии *ISA* (*интернациональной ассоциации по стандартизации*) на международной конференции в Цюрихе в 1929 году. Значения таблицы резьбы близки к значениям германской часовой резьбы, начинающейся с диаметра 0,25 *мм*, *французской и швейцарской. Резьбы, отмеченные буквой м*, применяются также для мелких механизмов; для часовых механизмов применяется по указанной ниже таблице резьба до 2,3 *мм* включительно.

Диаметр	Шаг: Метрич. резьба	Шаг: Метрич. мелкая резьба	Диаметр	Шаг: Метрич. резьба	Шаг: Метрич. мелкая резьба
0,30	0,075	—	1,5	0,30 *м*	—
0,35	0,075	—	1,6	0,35	—
0,40	0,100	—	1,7	0,35	0,2
0,45	0,100	—	1,8	0,35	—
0,50	0,125	—	2	0,4 *м*	0,25
0,55	0,125	—	2,3	0,4	0,25
0,60	0,150	—	2,6	0,45 *м*	0,35
0,70	0,175	—	3	0,5 *м*	0,35
0,80	0,200	—	3,5	0,6 *м*	0,35
0,90	0,225	—	4	0,7 *м*	0,5
1	0,25 *м*	0,2	4,5	0,75 *м*	0,5
1,1	0,25	—	5	0,8 *м*	0,5
1,2	0,25 *м*	0,2	5,5	0,9	0,5
1,3	0,30	—	6	1	0,75
1,4	0,30 *м*	0,2			

[1]) Леон. Левенгерц родился в 1847 г. в Царникау в Познани. Директор отделения Гос. Физико-технического института в Шарлоттенбурге, умер в 1932 г.

Часовая резьба.

Система „Thury“ [1]) и „British Association Standard Screw Threads“ (B. A.) (употребляется для часов и точной механики).



	$t_0 = 1{,}1364 \cdot s$; $t_1 = 0{,}6 \cdot s$	
	закругления	
	внешнее (r)	внутренн. (R)
B. A.	$^2/_{11} \cdot s$	$^2/_{11} \cdot s$
Thury	$^1/_6 \cdot s$	$^1/_5 \cdot s$

№	0	1	2	3	4	5	6	7	8
d_0 . . . *мм*	6	5,3	4,7	4,1	3,6	3,2	2,8	2,5	2,2
s . . . . „	1	0,9	0,81	0,73	0,66	0,59	0,53	0,48	0,43
d_1 . . . „	4,8	4,22	3,728	3,224	2,808	2,492	2,164	1,924	1,684

№	9	10	11	12	13	14	15	16	17
d_0 . . . *мм*	1,9	1,7	1,5	1,3	1,2	1	0,9	0,79	0,7
s . . . . „	0,39	0,35	0,3	0,28	0,25	0,23	0,21	0,19	0,17
d_1 . . . „	1,432	1,28	1,128	0,964	0,9	0,724	0,648	0,572	0,496

№	18	19	20	21	22	23	24	25	
d_0 . . . *мм*	0,62	0,54	0,48	0,42	0,37	0,33	0,29	0,25	
s . . . . „	0,15	0,14	0,12	0,11	0,098	0,089	0,08	0,072	
d_1 . . . „	0,44	0,372	0,336	0,288	0,252	0,223	0,194	0,164	

Резьба ОМП для точной механики и оптики

(по нормам ВООМП). [2])

Для деталей точного машиностроения (не для винтов) рекомендуется применять мелкую резьбу с профилем метрической нарезки [3]) и со следующим рядом шагов: 0,35 *мм*; 0,5 *мм*; 0,75 *мм*; 1,0 *мм*; 1,5 *мм*.

Иные шаги и иной профиль для мелких резьб деталей оптико-механических приборов не применять. Диаметр резьб выбирать из ряда нормальных диаметров по ВООМП.

---

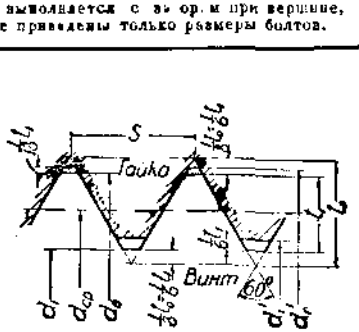
[1]) Thury, инж. ер, проф. университета в Женеве, умер 17 янв. 1905 г.
[2]) Нормы оптико-мех. промышл. СССР.
[3]) См. пр. ф. нарезки по ОСТ 271, стр. 616.

Резьба U. S. St.

(United-States-Standard-System.)

Американская нормализованная резьба.

По «Report of the Working Comittee to the Sectional Comittee on the Standardization and Unification of Screw Threads organized under the rules of the American Engineering Standards Commission» от 10 апреля 1924 г. Нормализованы две резьбы (один и то профиля) — крупная и мелкая; первая соответствует резьбе Селлерса. [1] Резьба выполняется с закруглением при вершине, получаемым за счет гайки. В следующей таблице приведены только размеры болтов.



Наружный диаметр	d_0	$d_0' = d_0 + \frac{1}{9} t_1$
Внутренний диаметр	d_1	$d_0 - 2t_1$; $d_1' = d_1 + \frac{1}{8} t_1$
Средний диаметр	$d_{ср}$	$\frac{1}{2}(d_0 + d_1)$; $d_0 - t_1$
Шаг	s	$25{,}4 : n$
Высота нарезки	t_1	$\frac{8}{4} t_0$; $0{,}649519 \cdot s$
Выс. нарезки до острог. края	t_0	$0{,}866025 \cdot s$

Крупная резьба							Мелкая резьба					
Обозначение	d_0	d_1	$d_{ср}$	Нитов на 1"	s	t_1	d_0	d_1	$d_{ср}$	Нитов на 1"	s	t_1
№ 0	—	—	—	—	—	—	1.524	1.112	1.318	80	0.318	0.206
№ 1	1,854	1.398	1,596	64	0 397	0,258	1,854	1,395	1,625	72	0,353	0 229
№ 2	2,184	1.594	1 889	56	0 454	0 295	2.184	1,668	1,926	64	0.397	0,258
№ 3	2,515	1 827	2.171	48	0.529	0 344	2,515	1.925	2.220	56	0.454	0.295
№ 4	2.845	2,021	2,433	40	0.635	0.412	2,845	2,157	2,501	48	0.529	0,344
№ 5	3,175	2.351	2,763	40	0.635	0.412	3,175	2,425	2,800	44	0.577	0,375
№ 6	3 505	2 473	2.989	32	0.794	0 516	3,505	2.681	3,093	40	0.635	0,412
№ 8	4.166	3 134	3.650	32	0.794	0.516	4.166	3 250	3,708	36	0,706	0.458
№ 10	4.826	3,450	4,138	24	1.058	0 688	4,826	3.794	4,310	32	0.794	0.516
№ 12	5,486	4.110	4,798	24	1 058	0 688	5 486	4,374	4,900	28	0.907	0.588
1/4"	6,350	4.700	5,525	20	1.270	0,825	6.350	4,974	5,662	24	1,058	0,688
5/16"	7,938	6,104	7,021	18	1.411	0,917	7,938	6.562	7,250	24	1.058	0 688
3/8"	9,525	7,463	8,494	16	1 588	1.031	9.525	7,875	8.700	20	1,270	0,825
7/16"	11,113	8,765	9.934	14	1 814	1,179	11,113	9.463	10.288	20	1,270	0.825
1/2"	12 700	10,162	11,431	13	1,954	1.269	12,700	10.866	11.783	18	1,411	0,917
9/16"	14,288	11.538	12,913	12	2.117	1,375	14.288	12,354	13,371	18	1,411	0.917
5/8"	15 875	12,875	14,375	11	2.309	1.500	15.875	13.813	14.844	16	1 588	1 031
3/4"	19,050	15.750	17,400	10	2,540	1.650	19 050	16,692	17,871	14	1.814	1.179
7/8"	22.225	18,559	20,392	9	2,822	1.833	22.225	19.867	21.046	14	1,814	1,179
1	25,400	21.276	23,338	8	3,175	2,062	25.400	22 650	24,025	12	2,117	1,375
1 1/8"	28,575	23,861	26,218	7	3.629	2,357	28 575	25,825	27.200	12	2,117	1.375
1 1/4"	31,750	27,036	29,393	7	3,629	2,357	31,750	29.000	30 375	12	2,117	1,375
1 1/2"	38,100	32,600	35,350	6	4,234	2,750	38,100	35,350	36 725	12	2,117	1,375
1 3/4"	44,450	37,850	41,150	5	5,080	3.300						
2	50,800	43,468	47 134	4 1/2	5,645	3,666						
2 1/4"	57,150	49.818	53,484	4 1/2	5,645	3,666						
2 1/2"	63 500	55,260	59,375	4	6,350	4,125						
2 3/4"	69,850	61 600	65.725	4	6.350	4,125						
3	76,200	67.950	72,075	4	6,350	4,125						

[1]) William Sellers, проф. в Стивенсоновском Институте, директор Канадского общ. для эксплоатации Ниагарского водопада, родился в 1827 г. в Филадельфии.

Английская „C. E. I.“ велосипедная резьба.

(Cycle Engineers Institute Thread)

Наружный диаметр .	d_0	
Внутренний диаметр .	d_1	$d_0 - 2t$
Средний диаметр . .	$d_{ср}$	$^1/_2 (d_0 + d_1)$; $d_0 - t$
Шаг	s	$25{,}4 : n$
Высота нарезки . . .	t_1	$0{,}5827 \cdot s$
Число ниток на 1 английский дюйм . .	n	

d_0	дм.	0,056	0,064	0,072	0,080	0,092	0,104	0,125
	мм	1,422	1,626	1,829	2,032	2,337	2,642	3,175
d_1	дм.	0 038	0,044	0,055	0,063	0 073	0,080	0,098
	мм	0,965	1,190	1,393	1,596	1,854	2,028	2,490
n		62	62	62	62	56	44	40
s	мм	0,409	0,409	0,409	0,409	0,453	0,577	0 635
d_0	дм.	0.154	0,175	0,1875	0,250	0.266	0,281	0.3125
	мм	3,912	4,445	4,762	6,35	6,756	7,137	7,937
d_1	дм.	0.127	0.142	0.154	0 209	0.225	0 240	0.271
	мм	3,236	3.600	3,917	5,309	5.715	6.096	6.896
n		40	32	32	26	26	26	26
s	мм	0,635	0,794	0,794	0,977	0,977	0,977	0,977
d_0	дм.	0 375	0.5625	1,000	1,290	1 370	1,4375	1,5
	мм	9,525	14,287	25,4	32.766	34.797	36,512	38,10
d_1	дм.	0.334	0,509	0,959	1.245	1,325	1.393	1.455
	мм	8,484	12.934	24,359	31,639	33 670	35 385	36.973
n		26	20	26	24	24	24	24
s	мм	0,977	1,270	0,977	1,058	1,058	1,058	1,058

Французская резьба.

(S. F. = Système français.). Профиль резьбы Селлерса. (См. стр 633.)

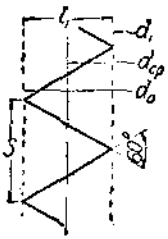
Была распространена во Франции до введения интернациональной резьбы (S. J.); применяется в некоторых местах еще до сих пор.

№		0	—	1	—	2	—	3	—	—	4	—	—
d	мм	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
s	„	1	1	1,5	1.5	2	2	2,5	2,5	2,5	3	3	3
d_1	„	4,7	6,7	8,05	10,05	11,4	13 4	14,75	16.75	18,75	20,1	22,1	24.1
$d_{ср}$	„	5,35	7,35	9,02	11,02	12,7	14,7	16,37	18,37	20,37	22,05	24,05	26,05

№		5	—	—	6	—	—	7	—	—	8	—	9
d_0	мм	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	56
s	„	3,5	3.5	3,5	4	4	4	4,5	4 5	4,5	5	5	5.5
d_1	„	25,45	27,45	29,45	30,8	32,8	34,8	36,15	38 15	40 15	41.5	43.5	48,85
$d_{ср}$	„	27,72	29,72	31,72	33,4	35,4	37,4	39,07	41.07	43.07	44,75	46,75	52,42

№		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
d_0	мм	64	72	80	88	96	106	116	126	136	148
s	„	6	6.5	7	7,5	8	8.5	9	9.5	10	10.5
d_1	„	56,2	63,55	70,9	78,25	85,6	95,95	104,3	113.65	123	134 05
$d_{ср}$	„	60,1	67,77	75,45	83,12	90,8	100,97	110.15	119,82	129,5	141,02

Американская остроугольная „V“ резьба.

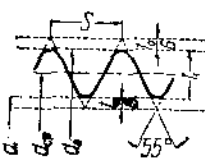


Наружный диаметр	d_0	
Внутренний диаметр	d_1	$d_0 - 2t_1$; $d_0 - 1{,}73206 \cdot s$
Средний диаметр	d_{cp}	$d_0 - t_1$; $d_1 + t_1$ $d_1 + 0{,}86603 \cdot s$
Шаг	s	$25{,}4 : n$
Высота нарезки	t_1	$0{,}86603 \cdot s$
Число ниток на 1 англ. *дюйм*	n	

Наружный диаметр d_0		Число ниток на 1″	Шаг s	Высота нарезки t_1	Внутренн. диаметр d_1	Средний диаметр d_{cp}
дюймы	*мм*		*мм*	*мм*	*мм*	*мм*
1/4	6,35	20	1,27	1,10	4,15	5,25
5/16	7,94	18	1,41	1,22	5,50	6,72
3/8	9,52	16	1,59	1,37	6,78	8,15
7/16	11,11	14	1,81	1,57	7,97	9,54
1/2	12,70	12	2,12	1,83	9,04	10,87
9/16	14,29	12	2,12	1,83	10,63	12,46
5/8	15,87	11	2,31	2,00	11,87	13,87
11/16	17,46	11	2,31	2,00	13,46	15,46
3/4	19,05	10	2,54	2,20	14,65	16,85
13/16	20,64	10	2,54	2,20	16,24	18,44
7/8	22,22	9	2,82	2,44	17,34	19,78
15/16	23,81	9	2,82	2,44	18,93	21,37
1	25,40	8	3,17	2,75	19,90	22,65
1 1/8	28,57	7	3,63	3,14	22,29	25,43
1 1/4	31,75	7	3,63	3,14	25,47	28,61
1 3/8	34,92	6	4,23	3,67	27,58	31,25
1 1/2	38,10	6	4,23	3,67	30,76	34,43
1 5/8	41,27	5	5,08	4,40	32,47	36,87
1 3/4	44,45	5	5,08	4,40	35,65	40,50
1 7/8	47,62	4 1/2	5,64	4,89	37,84	42,73
2	50,80	4 1/2	5,64	4,89	41,02	45,91
2 1/8	53,97	4 1/2	5,64	4,89	44,19	49,08
2 1/4	57,15	4 1/2	5,64	4,89	47,37	52,26
2 3/8	60,32	4 1/2	5,64	4,89	50,54	55,43
2 1/2	63,50	4	6,35	5,50	52,50	58,00
2 5/8	66,67	4	6,35	5,50	55,67	61,17
2 3/4	69,85	4	6,35	5,50	58,85	64,35
2 7/8	73,02	4	6,35	5,50	62,04	67,52
3	76,20	3 1/2	7,26	6,28	63,64	69,92
3 1/8	79,37	3 1/2	7,26	6,28	66,81	73,09
3 1/4	82,55	3 1/2	7,26	6,28	69,99	76,27
3 3/8	85,72	3 1/4	7,82	6,77	72,18	78,95
3 1/2	88,90	3 1/4	7,82	6,77	75,38	82,13
3 5/8	92,07	3 1/4	7,82	6,77	78,53	85,30
3 3/4	95,25	3	8,47	7,33	80,59	87,92
3 7/8	98,42	3	8,47	7,33	83,76	91,09
4	101,60	3	8,47	7,33	86,94	94,27

Новая Британская нормальная мелкая резьба.

(B. S. F. — British Standard Fine Screw Thread).



Наружный диаметр	d_0	$d_1 + 2t_1$; $d_{ср} + t_1$
Внутренний диаметр	d_1	$d_0 - 2t_1$; $d_{ср} - t_1$
Средний диаметр	$d_{ср}$	$\frac{1}{2}(d_0 + d_1)$; $d_0 - t_1$
Шаг	s	25,4 : n
Высота нарезки	t	$\frac{2}{13}t_0$: 0,64033 · s; 16,264 : n
Число ниток на 1"	n	
Высота нарезки до острого края	t_0	0,96249 · s

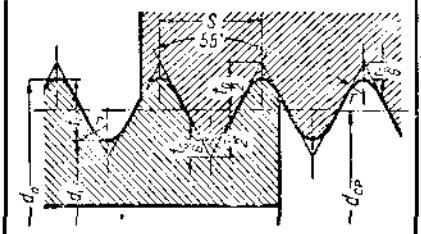
d_0	дм.	1/4	5/16	3/8	7/16	1/2	9/16	5/8	11/16	3/4
	мм	6,350	7,938	9,525	11,113	12,701	14,288	15,876	17,463	19,051
d_1	мм	5,049	6,457	7,899	9,305	10,668	12,254	13,552	15,139	16,341
n		26	22	20	18	16	16	14	14	12
s	мм	1,016	1,156	1,270	1,411	1,588	1,588	1,814	1,814	2,117
d_0	дм	13/16	7/8	15/16	1	1 1/8	1 1/4	1 3/8	1 1/2	1 5/8
	мм	20,638	22,225	23,813	25,401	28,576	31,751	34,926	38,101	41,277
d_1	мм	17,328	19,267	20,855	22,147	24,962	28,137	30,860	34,035	37,211
n		12	11	11	10	9	9	8	8	8
s	мм	2,117	2,309	2,309	2,540	2,822	2,822	3,175	3,175	3,175
d_0	дм.	1 3/4	1 7/8	2	2 1/4	2 1/2	2 3/4	3	3 1/4	3 1/2
	мм	44,452	47,627	50,802	57,152	63,502	69,853	76,203	82,55	88,90
d_1	мм	39,804	42,979	46,154	51,727	58,077	64,427	69,693	76,04	81,67
n		7	7	7	6	6	6	5	5	4 1/2
s	мм	3,629	3,629	3,629	4,233	4,233	4,233	5,080	5,080	5,645
d_0	дм	3 3/4	4	4 1/4	4 1/2	4 3/4	5	5 1/4	5 1/2	5 3/4	6
	мм	95,25	101,60	107,95	114,30	120,65	127,00	133,35	139,70	146,05	152,40
d_1	мм	88,02	94,37	99,83	106,18	112,52	118,87	124,06	130,41	136,76	143,11
n		4 1/2	4 1/2	4	4	4	4	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2
s	мм	5,645	5,645	6,350	6,350	6,350	6,350	7,257	7,257	7,257	7,257

Американская мелкая резьба.

(А. S. M. E., предложена American Society of Mechanical Engineers 1907). Профиль резьбы Селлерса, см. стр. 653.)

Наружный диаметр	дм.	0,060	0,073	0,086	0,099	0,112	0,125	0,138
" "	мм	1,524	1,854	2,184	2,515	2,845	3,175	3,505
Число ниток на 1 дюйм		80	72	64	56	48	44	40
Внутренний диаметр	мм	1,112	1,397	1,669	1,925	2,156	2,426	2,680
Наружный диаметр	дм.	0,151	0,164	0,177	0,190	0,216	0,242	0,268
" "	мм	3,835	4,166	4,496	4,826	5,486	6,147	6,807
Число ниток на 1 дюйм		36	36	32	30	28	24	22
Внутренний диаметр	мм	2,918	3,249	3,464	3,726	4,368	4,773	5,308
Наружный диаметр	дм.	0,294	0,320	0,346	0,372	0,398	0,424	0,450
" "	мм	7,467	8,128	8,788	9,449	10,109	10,769	11,430
Число ниток на 1 дюйм		20	20	18	16	16	14	14
Внутренний диаметр	мм	5,816	6,477	6,954	7,386	8,047	8,412	9,073

Резьба трубная, цилиндрическая
(по ОСТ 266).



Шаг	s	$25{,}4 : n = 127 : n_1$
Число ниток на 1″	n	
Число ниток на 127 *мм*	n_1	
Высота нарезки до остр. края . .	t_0	$0{,}96049 \cdot s$
Высота нарезки .	t_1	$0{,}64031 \cdot s$
Радиус за р. при верш. нарезки .	r	$0{,}13733 \cdot s$

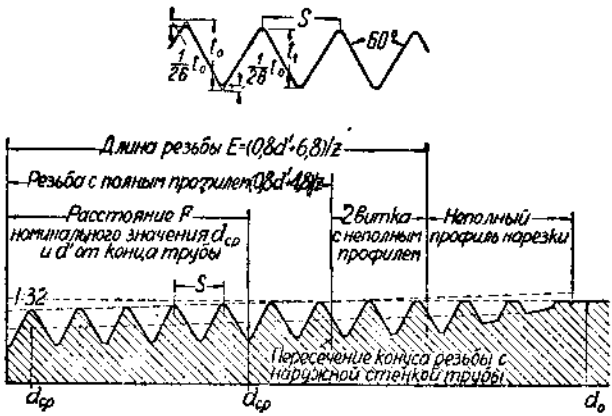
Ном. диам. резьбы (дюймы)	Диаметр резьбы: наружный d_0	Диаметр резьбы: внутренний d_1	Диаметр резьбы: средний $d_{ср}$	Шаг резьбы s	Высота нарезки t_1	Радиус r	Число ниток: на 1″ n	Число ниток: на 127 *мм* n_1
	мм							
(1/8)	9,729	8,567	9,148	0,907	0,581	0,125	28	140
1/4	13,158	11,446	12,302	1,337	0,856	0,184	19	95
3/8	16,663	14,951	15,807	1,337	0,856	0,184	19	95
1/2	20,956	18,632	19,794	1,814	1,162	0,249	14	70
(5/8)	22,912	20,588	21,750	1,814	1,162	0,249	14	70
3/4	26,442	24,119	25,261	1,814	1,162	0,249	14	70
(7/8)	30,202	27,878	29,040	1,814	1,162	0,249	14	70
1	33,250	30,293	31,771	2,309	1,479	0 317	11	55
(1 1/8)	37,898	34,941	36,420	2,309	1,479	0,317	11	55
1 1/4	41,912	38,954	40,433	2,309	1,479	0,317	11	55
(1 3/8)	44,325	41,367	42,846	2,309	1,479	0,317	11	55
1 1/2	47,805	44,847	46,326	2,309	1,479	0,317	11	55
1 3/4	53 748	50,791	52,270	2,309	1 479	0,317	11	55
2	59,616	56,659	58,137	2,309	1,479	0,317	11	55
(2 1/4)	65 712	62,755	64,234	2,309	1,479	0,317	11	55
2 1/2	75.187	72,230	73,708	2,309	1,479	0,317	11	55
(2 3/4)	81,537	78 580	80,058	2,309	1,479	0,317	11	55
3	87,887	84,930	86,409	2,309	1,479	0,317	11	55
(3 1/4)	93,984	91,026	92,505	2,309	1,479	0,317	11	55
3 1/2	100,334	97,376	98,855	2,309	1,479	0,317	11	55
(3 3/4)	106,684	103,727	105,205	2,309	1,479	0,317	11	55
4	113,034	110,077	111,556	2,309	1 479	0,317	11	55
4 1/2	125,735	122,777	124,256	2,309	1,479	0,317	11	55
5	138 435	135,478	136,957	2 309	1,479	0,317	11	55
5 1/2	151,136	148,178	149,657	2 309	1,479	0,317	11	55
6	163,836	160,879	162,357	2,309	1,479	0,317	11	55
7	189,237	185,984	187,611	2,540	1,627	0,349	10	50
8	214,638	211,385	213,012	2,540	1,627	0,349	10	50
9	240,039	236,786	238,412	2,540	1,627	0,349	10	50
10	265,440	262 187	263,813	2,540	1 627	0,349	10	50
11	290 841	286,775	288,808	3,175	2,033	0,436	8	40
12	316,242	312,176	314,209	3,175	2,033	0,436	8	40
13	347,485	343,419	345,452	3,175	2,033	0,436	8	40
14	372,886	368 820	370 853	3,175	2,033	0,436	8	40
15	398,287	394,221	396,254	3,175	2,033	0,436	8	40
16	423 688	419,622	421 655	3,175	2,033	0,436	8	40
17	449,089	445,023	447 056	3,175	2,033	0,436	8	40
18	474,490	470,424	472,457	3,175	2,033	0,436	8	40

Диаметров резьбы, заключенных в скобки, по возможности не применять.

Данная табл. трубной резьбы заменяет все встречающиеся в промышленности СССР варианты цилиндрической трубной резьбы, имеющей наименование „резьбы газовой".

Американская резьба для труб (ASTP).

ASTP-резьба, — продолженная резьба для труб по Бриггсу. Была нормализована и принята некоторыми фирмами в 1919 г. Угол между сторонами нарезки равен 60.° Притупление нарезки равно $^1/_{26}$ от t_0 — глубины нарезки до острого края. Конусность 1 : 16 (угол уклона равен 1°47′22″). Витки нарезаны перпендикулярно к оси.



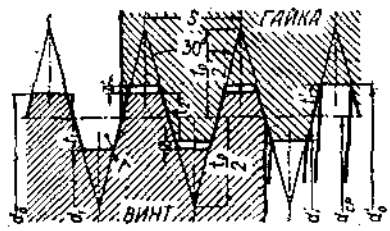
Номинальный диаметр		Число ниток на		Шаг s	Наружный диам. d_0	Средн. диам на расст. l от конца	Средн. диам на конце трубы	Длина резьбы E	Длина ввинчивания F
дюймы	мм	1″	254 мм	мм					
1/8	3	27	270	0,9408	10,287	9,519	9,233	6,700	4,572
1/4	6	18	180	1,4112	13,716	12,443	12,126	10,206	5,080
3/8	10	18	180	1,4112	17,145	15,926	15,545	10,358	6,096
1/2	13	14	140	1,8144	21,336	19,772	19,264	13,556	8,128
3/4	19	14	140	1,8144	26,670	25,117	24,579	13,861	8,611
1	25	11 1/2	115	2,2088	33,401	31,461	30,826	17,343	10,160
1 1/4	32	11 1/2	115	2,2088	42,164	40,218	39,551	17,953	10,668
1 1/2	38	11 1/2	115	2,2088	48,260	46,287	45,621	18,377	10,668
2	50	11 1/2	115	2,2088	60,325	58,325	57,633	19,215	11,075
2 1/2	64	8	80	3,1751	73,025	70,159	69,076	28,892	17,323
3	76	8	80	3,1751	88,900	86,068	84,852	30,480	19,456
3 1/4	90	8	80	3,1751	101,600	98,776	97,473	31,750	20,853
4	100	8	80	3,1751	114,300	111,433	110,093	33,020	21,438
4 1/2	113	8	80	3,1751	127,000	124,103	122,714	34,290	22,225
5	125	8	80	3,1751	141,300	138,412	136,925	35,720	23,800
6	150	8	80	3,1751	168,275	165,252	163,731	38,417	24,333
7	175	8	80	3,1751	193,675	190,560	188,972	40,957	25,400

Номинальный диаметр		Число ниток на		Шаг s	Наружный диам. d_0	Средн. диам. на расст. F от конца	Средн. диам. на конце трубы	Длина резьбы E	Длина ввинчивания F'
"	*мм*	1"	254 *мм*	*мм*					
8	200	8	80	3,1751	219,075	215,901	214,214	43,497	27,000
9	225	8	80	3,1751	244,475	241,249	239,455	46,037	28,702
10	250	8	80	3,1751	273,050	269,772	267,815	48,895	30,734
11	275	8	80	3,1751	298,450	295,133	293,093	51,435	32,639
12	300	8	80	3,1751	323,851	320,493	318,334	53,975	34,544
14	350	8	80	3,1751	355,600	352,365	349,886	57,150	39,675
15	375	8	80	3,1751	381,001	377,805	375,127	59,690	42,850
16	400	8	80	3,1751	406,401	403,245	400,368	62,230	46,025
17	425	8	80	3,1751	431,801	428,626	425,609	64,770	48,260
18	450	8	80	3,1751	457,201	454,026	450,851	67,310	50,800
20	500	8	80	3,1751	508,001	504,707	501,333	72,390	53,975
22	550	8	80	3,1751	558,810	555,388	551,816	77,470	57,150
24	600	8	80	3,1751	609,601	606,069	602,299	82,550	60,325
26	650	8	80	3,1751	660,401	656,750	652,781	87,630	63,500
28	700	8	80	3,1751	711,201	707,431	703,264	92,710	66,675
30	750	8	80	3,1751	762,001	758,112	753,764	97,790	69,850

Резьба трапецеидальная одноходовая нормальная

(по ОСТ 2410)

для диаметров от 10 до 300 *мм*.



Шаг	s	
Зазор	$z = z'$	
Высота нарезки до острого края	t_0	$1,866 \cdot s$
Высота нарезки	$t_1 = t_1'$	$0,5s + z$
Рабочая высота нарезки	t_2	$0,5s$
Средний диаметр резьбы	$d_{ср}$	$d_0 - 0,5s$
Внутр. диаметр резьбы болта	d_1	$d_0 - 2t_1$
Наружный диаметр резьбы гайки	d_0'	$d_0 + 2z'$
Внутренний диаметр резьбы гайки	d_1'	$d_0 - s$

мм

Шаг резьбы s	Высота нарезки $t_1 = t_1'$	Рабочая высота нарезки t_2	Зазор $z = z'$	Радиус r	Шаг резьбы s	Высота нарезки $t_1 = t_1'$	Рабочая высота нарезки t_2	Зазор $z = z'$	Радиус r
3	1,75	1,5	0,25	0,25	10	5,5	5	0,5	0,25
4	2,25	2	0,25	0,25	12	6,5	6	0,5	0,25
5	3	2,5	0,5	0,25	16	9	8	1	0,5
6	3,5	3	0,5	0,25	20	11	10	1	0,5
8	4,5	4	0,5	0,25	24	13	12	1	0,5

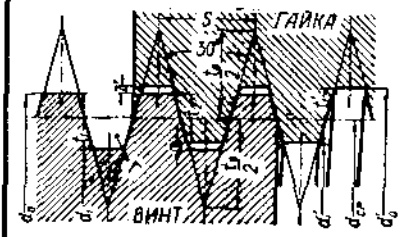
мм

Болт			Болт и гайка		Гайка		Болт			Болт и гайка		Гайка	
Диам. резьбы		Площадь сечения стержня	Средний диаметр резьбы	Шаг резьбы	Диам. резьбы		Диам. резьбы		Площадь сечения стержня	Средний диаметр резьбы	Шаг резьбы	Диам. резьбы	
нар.	внут.				нар.	внут.	нар.	внут.				нар.	внут.
d_0	d_1	F *см*²	$d_{ср}$	s	d_0'	d_1'	d_0	d_1	F *см*²	$d_{ср}$	s	d_0'	d_1'
10	6,5	0,33	8,5	3	10,5	7	(88)	75	44,18	82	12	89	76
12	8,5	0,57	10,5	3	12,5	9	90	77	46,57	84	12	91	78
14	10,5	0,87	12,5	3	14,5	11	(92)	79	49,02	86	12	93	80
16	11,5	1,04	14	4	16,5	12	95	82	52,81	89	12	96	83
18	13,5	1,43	16	4	18,5	14	(98)	85	56,75	92	12	99	86
(19)	14,5	1,65	17	4	19,5	15	100	87	59,45	94	12	101	88
20	15,5	1,89	18	4	20,5	16	(105)	92	66,48	99	12	106	93
22	16	2,01	19,5	5	23	17	110	97	73,90	104	12	111	98
24	18	2,54	21,5	5	25	19	(115)	102	81,71	109	12	116	103
26	20	3,14	23,5	5	27	21	120	102	81,71	112	16	122	104
28	22	3,80	25,5	5	29	23	(125)	107	89,92	117	16	127	109
30	23	4,16	27	6	31	24	130	112	98,52	122	16	132	114
32	25	4,91	29	6	33	26	(135)	117	107,51	127	16	137	119
(34)	27	5,73	31	6	35	28	140	122	116,90	132	16	142	124
36	29	6,61	33	6	37	30	(145)	127	125,68	137	16	147	129
(38)	31	7,55	35	6	39	32	150	132	136,85	142	16	152	134
40	33	8,55	37	6	41	34	(155)	137	147,41	147	16	157	139
(42)	35	9,62	39	6	43	36	160	142	158,37	152	16	162	144
44	35	9,62	40	8	45	36	165	147	169,72	157	16	167	149
(46)	37	10,75	42	8	47	38	170	152	181,46	162	16	172	154
48	39	11,95	44	8	49	40	(175)	157	193,59	167	16	177	159
50	41	13,20	46	8	51	42	180	158	196,07	170	20	182	160
52	43	14,52	48	8	53	44	(185)	163	208,67	175	20	187	165
55	46	16,62	51	8	56	47	190	168	221,67	180	20	192	170
(58)	49	18,86	54	8	59	50	(195)	173	235,06	185	20	197	175
60	51	20,43	56	8	61	52	200	178	248,85	190	20	202	180
(62)	51	20,43	57	10	63	52	210	188	277,59	200	20	212	190
65	54	22,90	60	10	66	55	220	198	307,91	210	20	222	200
(68)	57	25,52	63	10	69	58	230	208	339,80	220	20	232	210
70	59	27,34	65	10	71	60	240	214	359,68	228	24	242	216
(72)	61	29,23	67	10	73	62	250	224	394,08	238	24	252	226
75	64	32,17	70	10	76	65	260	234	430,05	248	24	262	236
(78)	67	35,26	73	10	79	68	270	244	467,60	258	24	272	246
80	69	37,39	75	10	81	70	280	254	506,71	268	24	282	256
(82)	71	39,59	77	10	83	72	290	264	547,39	278	24	292	266
85	72	40,72	79	12	86	73	300	274	589,65	288	24	302	276

Примечание то же, что и на стр. 644.

Резьба трапецендальная одноходовая мелкая
(по ОСТ 2411)

для диаметров от 10 до 300 *мм.*



Шаг	s	
Зазор	z z'	
Высота нарезки до остного края	t_0	$1{,}866 \cdot s$
Высота нарезки	$t_1 = t_1'$	$0{,}5s + z$
Рабочая высота нарезки	t_2	$0{,}5\,s$
Средний диаметр резьбы	$d_{ср}$	$d_0 - 0{,}5\,s$
Внутр. диаметр резьбы *болта*	d_1	$d_0 - 2\,t_1$
Наружный диаметр резьбы гайки	d_0'	$d_0 + 2\,z'$
Внутренний диаметр резьбы гайки	d_1'	$d_0 - s$

мм

Шаг резьбы s	Высота нарезки $t_1 = t_1'$	Рабочая высота нарезки t_2	Зазор $z = z'$	Радиус r	Шаг резьбы s	Высота нарезки $t_1 = t_1'$	Рабочая высота нарезки t_2	Зазор $z = z'$	Радиус r
2	1,25	1	0,25	0,25	6	3,5	3	0,5	0,25
3	1,75	1,5	0,25	0,25	8	4,5	4	0,5	0,25
4	2,25	2	0,25	0,25	10	5,5	5	0,5	0,25
5	3	2,5	0,5	0,25	12	6,5	6	0,5	0,25

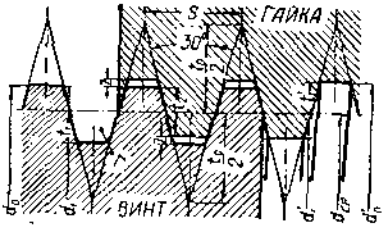
мм

Болт			Болт и гайка		Гайка		Болт			Болт и гайка		Гайка	
Диам. резьбы		Площадь сечения стержня	Средний диаметр резьбы	Шаг резьбы	Диам. резьбы.		Диам. резьбы		Площадь сечения стержня	Средний диаметр резьбы	Шаг резьбы	Диам. резьбы	
нар.	внут.				нар.	внут.	нар.	внут.				нар.	внут.
d_0	d_1	F *см*²	$d_{ср}$	s	d_0'	d_1'	d_0	d_1	F *см*²	$d_{ср}$	s	d_0'	d_1'
10	7,5	0,44	9	2	10,5	8	26	23,5	4,34	25	2	26,5	24
12	9,5	0,71	11	2	12,5	10	28	25,5	5,11	27	2	28,5	26
14	11,5	1,04	13	2	14,5	12	30	26,5	5,52	28,5	3	30,5	27
16	13,5	1,43	15	2	16,5	14	32	28,5	6,38	30,5	3	32,5	29
18	15,5	1,89	17	2	18,5	16	(34)	30,5	7,31	32,5	3	34,5	31
20	17,5	2,41	19	2	20,5	18	36	32,5	8,30	34,5	3	36,5	33
22	19,5	2,99	21	2	22,5	20	(38)	34,5	9,35	36,5	3	38,5	35
24	21,5	3,63	23	2	24,5	22	40	36,5	10,46	38,5	3	40,5	37

мм													
Болт			Болт и гайка		Гайка		Болт			Болт и гайка		Гайка	
Диам. резьбы		Площадь сечения стержня	Средний диаметр резьбы	Шаг резьбы	Диам. резьбы		Диам. резьбы		Площадь сечения стержня	Средний диаметр резьбы	Шаг резьбы	Диам. резьбы	
нар.	внут.				нар.	внут.	нар.	внут.				нар.	внут.
d_0	d_1	F см²	$d_{ср}$	s	d_0'	d_1'	d_0	d_1	F см²	$d_{ср}$	s	d_0'	d_1'
(42)	38,5	11,64	40,5	3	42,5	39	120	113	100,29	117	6	121	114
44	40,5	12,88	42,5	3	44,5	41	(125)	118	109,36	122	6	126	119
(46)	42,5	14,19	44,5	3	46,5	43	130	123	118,82	127	6	131	124
48	44,5	15,55	46,5	3	48,5	45	(135)	128	128,68	132	6	136	129
50	46,5	16,98	48,5	3	50,5	47	140	133	138,93	137	6	141	134
52	48,5	18,47	50,5	3	52,5	49	145	138	149,57	142	6	146	139
55	51,5	20,83	53,5	3	55,5	52	150	143	160,61	147	6	151	144
(58)	54,5	23,33	56,5	3	58,5	55	(155)	146	167,42	151	8	156	147
60	56,5	25,07	58,5	3	60,5	57	160	151	179,08	156	8	161	152
(62)	57,5	25,97	60	4	62,5	58	(165)	156	191,13	161	8	166	157
65	60,5	28,75	63	4	65,5	61	170	161	203,58	166	8	171	162
(68)	63,5	31,67	66	4	68,5	64	(175)	166	216,42	171	8	176	167
70	65,5	33,70	68	4	70,5	66	180	171	229,66	176	8	181	172
(72)	67,5	35,79	70	4	72,5	68	(185)	176	243,29	181	8	186	177
75	70,5	39,04	73	4	75,5	71	190	181	257,30	186	8	191	182
(78)	73,5	42,43	76	4	78,5	74	(195)	184	265,90	190	10	196	185
80	75,5	44,77	78	4	80,5	76	200	189	280,55	195	10	201	190
(82)	77,5	47,17	80	4	82,5	78	210	199	311,03	205	10	211	200
85	79	49,02	82,5	5	86	80	220	209	343,07	215	10	221	210
(88)	82	52,81	85,5	5	89	83	230	219	376,69	225	10	231	220
90	84	55,42	87,5	5	91	85	240	227	404,71	234	12	241	228
(92)	86	58,09	89,5	5	93	87	250	237	441,15	244	12	251	238
95	89	62,21	92,5	5	96	90	260	247	479,16	254	12	261	248
(98)	92	66,48	95,5	5	99	93	270	257	518,75	264	12	271	258
100	94	69,40	97,5	5	101	95	280	267	559,90	274	12	281	268
(105)	99	76,98	102,5	5	106	100	290	277	602,63	284	12	291	278
110	104	84,95	107,5	5	111	105	300	287	646,93	294	12	301	288
(115)	109	93,31	112,5	5	116	110							

Примечание то же, что и на стр. 644.

Резьба трапецеидальная одноходовая крупная
(по ОСТ 2409)
для диаметров от 22 до 300 *мм*.



Шаг	s	
Зазор	$z = z'$	
Высота нарезки до острого угла	t_0	$1{,}866 \cdot s$
Высота нарезки	$t_1 = t_1'$	$0{,}5\,s + z$
Рабочая высота нарезки	t_2	$0{,}5\,s$
Средний диаметр резьбы	$d_{ср}$	$d_0 - 0{,}5\,s$
Внутр. диаметр резьбы болта	d_1	$d_0 - 2\,t_1$
Наружный диаметр резьбы гайки	d_0'	$d_0 + 2z'$
Внутренний диаметр резьбы гайки	d_1'	$d_0 - s$

мм

Шаг резьбы s	Высота нарезки $t_1 = t_1'$	Рабочая высота нарезки t_2	Зазор $z = z'$	Радиус r	Шаг резьбы s	Высота нарезки $t_1 = t_1'$	Рабочая высота нарезки t_2	Зазор $z = z'$	Радиус r
8	4,5	4	0,5	0,25	20	11	10	1	0,5
10	5,5	5	0,5	0,25	24	13	12	1	0,5
12	6,5	6	0,5	0,25	32	17	16	1	0,5
16	9	8	1	0,5	40	21	20	1	0,5

мм

Болт			Болт и гайка		Гайка		Болт			Болт и гайка		Гайка	
Диам. резьбы		Площадь сечения стержня	Средний диаметр резьбы	Шаг резьбы	Диам. резьбы		Диам. резьбы		Площадь сечения стерж	Средний диаметр резьбы	Шаг резьбы	Диам. резьбы	
нар.	внут.				нар.	внут.	нар.	внут.				нар.	внут.
d_0	d_1	F *см*²	$d_{ср}$	s	d_0'	d_1'	d_0	d_1		$d_{ср}$	s	d_0'	d_1'
22	13	1,33	18	8	23	14	(38)	27	5,73	33	10	39	28
24	15	1,77	20	8	25	16	40	29	6,61	35	10	41	30
26	17	2,27	22	8	27	18	(42)	31	7,55	37	10	43	32
28	19	2,84	24	8	29	20	44	31	7,55	38	12	45	32
30	19	2,84	25	10	31	20	(46)	33	8,55	40	12	47	34
32	21	3,46	27	10	33	22	48	35	9,62	42	12	49	36
(34)	23	4,16	29	10	35	24	50	37	10,75	44	12	51	38
36	25	4,91	31	10	37	26	52	39	11,95	46	12	53	40

мм

Болт			Болт и гайка		Гайка		Болт			Болт и гайка		Гайка	
Диам. резьбы		Площадь сечения стержня	Средний диаметр резьбы	Шаг резьбы	Диам. резьбы		Диам. резьбы		Площадь сечения стержня	Средний диаметр резьбы	Шаг резьбы	Диам. резьбы	
нар.	внут.				нар.	внут.	нар.	внут.				нар.	внут.
d_0	d_1	F см²	$d_{ср}$	s	d_0'	d_1'	d_0	d_1	F см²	$d_{ср}$	s	d_0'	d_1'
55	42	13,85	49	12	56	43	(135)	109	93,31	123	24	137	111
(58)	45	15,90	52	12	59	46	140	114	102,07	128	24	142	116
60	47	17,35	54	12	61	48	(145)	119	111,22	133	24	147	121
(62)	44	15,21	54	16	64	46	150	124	120,76	138	24	152	126
65	47	17,35	57	16	67	49	(155)	129	130,70	143	24	157	131
(68)	50	19,64	60	16	70	52	160	134	141,03	148	24	162	136
70	52	21,24	62	16	72	54	(165)	139	151,75	153	24	167	141
(72)	54	22,90	64	16	74	56	170	144	162,86	158	24	172	146
75	57	25,52	67	16	77	59	(175)	149	174,37	163	24	177	151
(78)	60	28,27	70	16	80	62	180	146	167,42	164	32	182	148
80	62	30,19	72	16	82	64	(185)	151	179,08	169	32	187	153
(82)	64	32,17	74	16	84	66	190	156	191,13	174	32	192	158
85	63	31,17	75	20	87	65	(195)	161	203,58	179	32	197	163
(88)	66	34,21	78	20	90	68	200	166	216,42	184	32	202	168
90	68	36,32	80	20	92	70	210	176	243,29	194	32	212	178
(92)	70	38,48	82	20	94	72	220	186	271,72	204	32	222	188
95	73	41,85	85	20	97	75	230	196	301,72	214	32	232	198
(98)	76	45,37	88	20	100	78	240	198	307,91	220	40	242	200
100	78	47,78	90	20	102	80	250	208	339,80	230	40	252	210
(105)	83	54,11	95	20	107	85	260	218	373,25	240	40	262	220
110	88	60,82	100	20	112	90	270	228	408,28	250	40	272	230
(115)	93	67,93	105	20	117	95	280	238	444,88	260	40	282	240
120	94	69,40	108	24	122	96	290	248	483,05	270	40	292	250
(125)	99	76,98	113	24	127	101	300	258	522,79	280	40	302	260
130	104	84,95	118	24	132	106							

Диаметров, поставленных в скобки, по возможности не применять.

В случае передачи больших усилий профиль болта у впадины закругляется радиусом r, причем величины r являются наибольшими допустимыми.

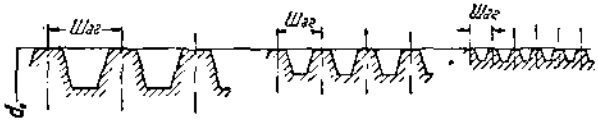
Для многоходовых трапецендальных резьб применяются те же профили, что и для одноходовых.

Сводную таблицу диаметров и шагов резьбы трапецендальной крупной, нормальной и мелкой см. ОСТ 2408, стр. 645.

Резьба трапецендальная одноходовая крупная, нормальная и мелкая (по ОСТ 2408).

Сводная таблица диаметров и шагов.

Резьба трапецендальная крупная ОСТ 2409. Резьба трапецендальная нормальная ОСТ 2410. Резьба трапецендальная мелкая ОСТ 2411.

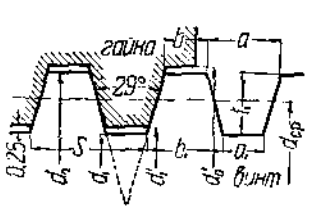


мм *мм*

Диаметр d_0	Шаги: Резьба трапецендальная одноходовая			Диаметр d_0	Шаги: Резьба трапецендальная одноходовая		
	крупная	нормальн.	мелкая		крупная	нормальн.	мелкая
10	—	3	2	(88)	20	12	5
12	—	3	2	90	20	12	5
14	—	3	2	(92)	20	12	5
16	—	4	2	95	20	12	5
18	—	4	2	(98)	20	12	5
(19)	—	4	—	100	20	12	5
20	—	4	2	(105)	20	12	5
22	8	5	2	110	20	12	5
24	8	5	2	(115)	20	12	5
26	8	5	2	120	24	16	6
28	8	5	2	(125)	24	16	6
30	10	6	3	130	24	16	6
32	10	6	3	(135)	24	16	6
(34)	10	6	3	140	24	16	6
36	10	6	3	(145)	24	16	6
(38)	10	6	3	150	24	16	6
40	10	6	3	(155)	24	16	8
(42)	10	6	3	160	24	16	8
44	12	8	3	(165)	24	16	8
(46)	12	8	3	170	24	16	8
48	12	8	3	(175)	24	16	8
50	12	8	3	180	32	20	8
52	12	8	3	(185)	32	20	8
55	12	8	3	190	32	20	8
(58)	12	8	3	(195)	32	20	10
60	12	8	3	200	32	20	10
(62)	16	10	4	210	32	20	10
65	16	10	4	220	32	20	10
(68)	16	10	4	230	32	20	10
70	16	10	4	240	40	24	12
(72)	16	10	4	250	40	24	12
75	16	10	4	260	40	24	12
(78)	16	10	4	270	40	24	12
80	16	10	4	280	40	24	12
(82)	16	10	4	290	40	24	12
85	20	12	5	300	40	24	12

Диаметров резьб, поставленных в скобки, по возможности не применять.

Трапецеидальная дюймовая резьба „Acme Standard".



Изготовляется либо со всеми размерами, выраженными в английских дюймах, либо только шаг выражается в дюймах

d_0, d_1, $d_{ср}$, t_1, a, a_1, b, b_1, в английских дюймах,
n — число ниток на 1″

Винт		Гайка	
d_0	d_0	d_0'	$d_0 + 0{,}02''$
d_1	$d_0 - 2t_1$	d_1'	$d_0 + 0{,}02'' - 2t_1$
$d_{ср}$	$d_0 - 1 : 2n$	$d_{ср}'$	$d_0 - 1 : 2n$
t_1	$1 : 2n + 0{,}01''$	t_1	$1 : 2n + 0{,}01''$
b	$0{,}3707 : n$	a_1	$0{,}5707 : n - 0{,}0052''$
a_1	$0{,}3707 : n - 0{,}0052''$	b	$0{,}3707 : n$

d_0, d_1, $d_{ср}$, t_1, a, a_1, b, b_1 в *мм*
n — число ниток на 1″

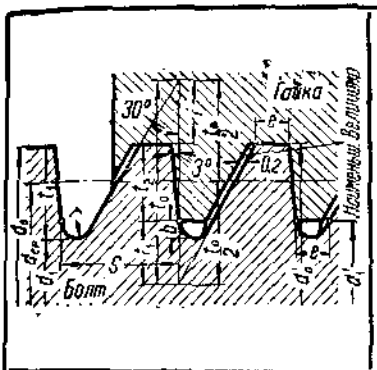
Винт		Гайка	
d_0	d_0	d_0'	$d_0 + 0{,}508$ *мм*
d_1	$d_0 - 2t_1$	d_1'	$d_0 + 0{,}508$ *мм* $- 2t_1$
$d_{ср}$	$d_0 - t_1$	$d_{ср}'$	$d_0 - 12{,}7 : n$
t_1	$12{,}7 : n + 0{,}254$ *мм*	t_1	$12{,}7 : n + 0{,}254$ *мм*
b	$9{,}416 : n$	a_1	$9{,}416 : n - 0{,}1321$ *мм*
a_1	$9{,}416 : n - 0{,}1321$ *мм*	b	$9{,}416 : n$

Число ниток на 1″		1	1½	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$t_1 =$	дм. . .	0,5100	0,3850	0,2600	0,1767	0,1350	0,1100	0,0933	0,0814	0,0725	0,0655	0,0600
	мм . .	12,954	9,779	6,604	4,488	3,429	2,794	2,370	2,067	1,841	1,664	1,524
$b =$	дм. . .	0,3707	0,2700	0,1858	0,1235	0,0927	0,0741	0,0618	0,0529	0,0463	0,0413	0,0371
	мм . .	9,416	7,061	4,707	3,137	2,355	1,882	1,570	1,344	1,176	1,049	0,942
$b_1 =$	дм. . .	0,6345	0,4772	0,3199	0,2150	0,1625	0,1311	0,1101	0,0951	0,0839	0,0751	0,0681
	мм . .	16,116	12,121	8,125	5,461	4,127	3,330	2,797	2,416	2,131	1,908	1,730
$a =$	дм. . .	0,6293	0,4720	0,3147	0,2098	0,1578	0,1259	0,1049	0,0899	0,0787	0,0699	0,0629
	мм . .	15,984	11,989	7,993	5,329	3,995	3,198	2,664	2,283	1,999	1,775	1,598
$a_1 =$	дм. . .	0,3655	0,2728	0,1801	0,1183	0,0875	0,0689	0,0566	0,0478	0,0411	0,0351	0,0319
	мм . .	9,284	6,929	4,575	3,005	2,222	1,750	1,488	1,214	1,044	0,916	0,810

Наружный и внутренний диаметры резьбы метчика на 0,02 дюйма (0,508 *мм*) больше, чем у винта. Размеры же b, a, a_1, b_1 метчика совпадают с соответствующими размерами винта.

Пилообразная резьба.

(Профиль нарезки по DIN).



$t_0 = 1{,}73205 \cdot s$ $\quad i = 0{,}52507 \cdot s$

$t_1 = t_2 + b$ $\quad i_1 = 0{,}45698 \cdot s$

$t_2 = 0{,}75 \cdot s$ $\quad b = 0{,}11777 \cdot s$

$e = 0{,}26384 \cdot s$ $\quad r = 0{,}12427 \cdot s$

Наружн. диаметр болта — d_0

„ „ гайки — $d_0' = d_0$

Внутренн. „ болта — $d_1 = d_0 - 2t_1$

„ „ гайки — $d_1' = d_0 - 2t_2$

Средний диаметр болта = средний диам. гайки $= d_{ср} = d_0 + 2i - t_b =$
$= d_0 - 0{,}68191 \cdot s$

Шаг s	Высота нарезки t_1	Рабочая высота нарезки t_2	e	b	r	Шаг s	Высота нарезки t_1	Рабочая высота нарезки t_2	e	b	r
2	1,736	1,5	0,528	0,236	0,249	18	15,620	13,5	2,749	2,120	2,237
3	2,603	2,25	0,792	0,353	0,373	20	17,355	15	5,277	2,355	2,485
4	3,471	3	1,055	0,471	0,497	22	19,091	15,5	5,804	2,591	2,734
5	4,339	3,75	1,319	0,589	0,621	24	20,826	18	6,332	2,826	2,982
6	5,207	4,5	1,583	0,707	0,746	26	22,562	19,5	6,860	3,062	3,231
7	6,074	5,25	1,847	0,824	0,870	28	24,298	21	7,388	3,298	3,480
8	6,942	6	2,111	0,942	0,994	32	27,769	24	8,443	3,769	3,977
9	7,810	6,75	2,375	1,060	1,118	36	31,240	27	9,498	4,240	4,474
10	8,678	7,5	2,638	1,178	1,243	40	34,711	30	10,554	4,711	4,971
12	10,413	9	3,166	1,413	1,491	44	38,182	33	11,609	5,182	5,468
14	12,149	10,5	3,694	1,649	1,740	48	41,653	36	12,664	5,653	5,965
16	13,884	12	4,221	1,884	1,988						

Пилообразная резьба применяется в тех случаях, когда нарезанные части испытывают осевые усилия *на сжатие (домкраты и пр.)*.

Пилообразная резьба изготовляется таких же диаметров, как и DIN-овская трапецеидальная резьба (на стр. 639 помещена трапецеидальная резьба по ОСТ, диаметры которой совпадают с диаметрами по DIN).

Пилообразная резьба одноходовая по DIN 513, стр. 648.

Пилообразная резьба (по DIN 513).

(Профиль нарезки, как на стр. 847).

Болт					Гайка		Болт					Гайка	
Наружн. диам.	Внутр. диам.	Площ. попер. сечен.	Средний диаметр	Шаг	Наружн. диам.	Внутр. диам.	Наружн. диам.	Внутр. диам.	Площ. попер. сечен.	Средний диаметр	Шаг	Наружн. диам.	Внутр. диам.
d_0	d_1	F	$d_{ср}$	s	d_0'	d_1'	d_0	d_1	F	$d_{ср}$	s	d_0'	d_1'
22	13,322	1,39	18,590	5	22	14,5	(98)	77,174	46,78	89,817	12	98	80
24	15,322	1,84	20,590	5	24	16,5	100	79,174	49,23	91,817	12	100	82
26	17,322	2,36	22,590	5	26	18,5	(105)	84,174	55,55	96,817	12	105	87
28	19,322	2,93	24,590	5	28	20,5	110	89,174	62,46	101,817	12	110	92
30	19,586	3,01	26,909	6	30	21	(115)	90,702	64,61	105,453	14	115	94
32	21,586	3,70	27,909	6	32	23	120	95,702	71,93	110,453	14	120	99
(34)	23,586	4,37	29,909	6	34	25	(125)	100,702	79,65	115,453	14	125	104
36	25,586	5,14	31,909	6	36	27	130	105,702	87,75	120,453	14	130	109
(38)	25,852	5,25	33,227	7	38	27,5	(135)	110,702	96,25	125,453	14	135	114
40	27,852	6,09	35,227	7	40	29,5	140	115,702	105,14	130,453	14	140	119
42)	29,852	7,00	37,227	7	42	31,5	(145)	120,702	114,42	135,453	14	145	124
44	31,852	7,97	39,227	7	44	33,5	150	122,232	117,34	139,089	16	150	126
(46)	33,116	8,11	40,545	8	46	34	(155)	127,232	127,14	144,089	16	155	131
48	34,116	9 14	42,545	8	48	36	160	132,232	137,38	149,089	16	160	136
50	36,116	10,24	44,545	8	50	38	(165)	137,232	147,91	154,089	16	165	141
52	38,116	11.41	46,545	8	52	40	170	142,232	158,89	159,089	16	170	146
55	39,380	12,18	48,863	9	55	41,5	(175)	147,232	170,25	164,089	16	175	151
(58)	42,380	14,11	51,863	9	58	44,5	180	148,760	173,81	167,726	18	180	153
60	44,380	15,47	53,863	9	60	46,5	(185)	158 760	185,69	172,726	18	185	158
(62)	46,380	16,89	55,863	9	62	48,5	190	158,760	197,96	177,726	18	190	163
65	47,644	17,08	58,181	10	65	50	(195)	163,760	210,62	182,726	18	195	168
(68)	50,644	20,14	61,181	10	68	53	200	168,760	223,68	187,726	18	200	173
70	52,644	21,77	63,181	10	70	55	210	175,290	241,33	196,362	20	210	180
(72)	54,644	23,45	65,181	10	72	57	220	185,290	269,65	206,362	20	220	190
75	57,644	26,10	68,181	10	75	60	230	195,290	299,54	216,362	20	230	200
(78)	60,644	28,89	71,181	10	78	63	240	201,818	319,90	224,998	22	240	207
80	62,644	30,82	73,181	10	80	65	250	211,818	352,38	234,998	22	250	217
(82)	64 644	32,82	75,181	10	82	67	260	221,818	386,44	244,998	22	260	227
85	64,174	34,35	76 817	12	85	67	270	228 348	409,53	253,634	24	270	234
(88)	67,174	35,44	79,817	12	88	70	280	238,348	446,16	263,634	24	280	244
90	69,174	37,58	81,817	12	90	72	290	248,348	4 4 41	273,634	24	290	254
(92)	71,174	39,79	83,817	12	92	74	300	254,876	510,21	282,270	26	300	261
95	74,174	43.21	86,817	12	95	77							

Резьба для защитительных панцырных металлических трубок для электрических проводов (по DIN VDE 430).

$$s = \frac{25,40095}{n} \qquad n = 0,107 \cdot s$$

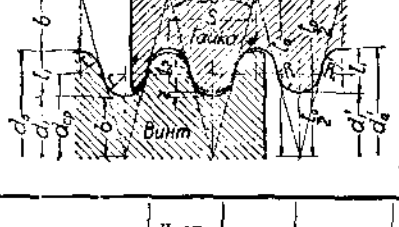
$$t_0 = 0,59587 \cdot s \qquad t_1 = 0,8\ t_0 = 0,4767 \cdot s$$

Краткое обозначение	Обозначение	Нар. диам. d_0	Внутр. диам. d_1	Высота нар. t_1	Радиус закр. r	Средн. диам. $d_{ср}$	Шаг s	Число ниток на 1'' n
Pg 9	Панц. резьба 9	15,20	13,86	0,67	0,15	14,53	1,41	18
Pg 11	» » 11	18 60	17,26	0,67	0,15	17,98	1,41	18
Pg 13,5	» » 13,5	20,40	19,06	0,67	0,15	19,73	1.41	18
Pg 16	» » 16	22,50	21,16	0,67	0.15	21.88	1 41	18
Pg 21	» » 21	28,30	26,73	0,76	0,17	27,54	1,587	16
Pg 29	» » 29	37,00	35,48	0,76	0.17	36.24	1,587	16
Pg 36	» » 36	47,00	45,48	0,76	0,17	46,24	1,587	16
Pg 42	» » 42	54,00	52,48	0,76	0,17	53,24	1,587	16

Круглая резьба

(по DIN 405)

для пожарного дела и арматуры.



$$s = \frac{25{,}40095}{n}$$

$t_0 = 1{,}6660 \cdot s$

$t_1 = 0{,}5\,s$

$t_2 = 0{,}0835 \cdot s$

$z = 0{,}05 \cdot s$

$b = 0{,}63301 \cdot s$

$r = 0{,}23651 \cdot s$

$R = 0{,}25597 \cdot s$

$R_1 = 0{,}22105 \cdot s$

Диаметр резьбы d_0	Число ниток на 1" n	Шаг s	Высота нар. зки t_1	Рабочая высота нарезки t_2	Закругления винта r	Закругления гайки R	Закругления гайки R_1
8 до 12	10	2,540	1,270	0,212	0,606	0,650	0,561
14 „ 38	8	3,175	1,588	0,265	0,757	0,813	0,702
40 „ 100	6	4,233	2,117	0,353	1,010	1,084	0,936
105 „ 200	4	6,350	3,175	0,530	1,515	1,625	1,404

Винт: Наруж. диам. d_0	Винт: Внутр. диам. d_1	Средн. диам. $d_{ср}$	Гайка: Наруж. диам. d_0'	Гайка: Внутр. диам. d_1'	Винт: Наруж. диам. d_0	Винт: Внутр. диам. d_1	Средн. диам. $d_{ср}$	Гайка: Наруж. диам. d_0'	Гайка: Внутр. диам. d_1'
8	5,460	6,730	8,254	5,714	75	70,767	72,883	75,423	71,190
9	6,460	7,730	9,254	6,714	(78)	73,767	75,883	78,423	74,190
10	7,460	8,730	10,254	7,714	80	75,767	77,883	80,423	76,190
12	9,460	10,730	12,254	9,714	(82)	77,767	79,883	82,423	78,190
14	10,825	12,412	14,318	11,142	85	80,767	82,883	85,423	81,190
16	12,825	14,412	16,318	13,142	(88)	83,767	85,883	88,423	84,190
18	14,825	16,412	18,318	15,142	90	85,767	87,883	90,423	86,190
20	16,825	18,412	20,318	17,142	(92)	87,767	89,883	92,423	88,190
22	18,825	20,412	22,318	19,142	95	90,767	92,883	95,423	91,190
24	20,825	22,412	24,318	21,142	(98)	93,767	95,883	98,423	94,190
26	22,825	24,412	26,318	23,142	100	95,767	97,883	100,423	96,190
28	24,825	26,412	28,318	25,142	(105)	98,650	101,825	105,635	99,285
30	26,825	28,412	30,318	27,142	110	103,650	106,825	110,635	104,285
32	28,825	30,412	32,318	29,142	(115)	108,650	111,825	115,635	109,285
(34)	30,825	32,412	34,318	31,142	120	113,650	116,825	120,635	114,285
36	32,825	34,412	36,318	33,142	(125)	118,650	121,825	125,635	119,285
(38)	34,825	36,412	38,318	35,142	130	123,650	126,825	130,635	124,285
40	35,767	37,883	40,423	36,190	(135)	128,650	131,825	135,635	129,285
(42)	37,767	39,883	42,423	38,190	140	133,650	136,825	140,635	134,285
44	39,767	41,883	44,423	40,190	(145)	138,650	141,825	145,635	139,285
(46)	41,767	43,883	46,423	42,190	150	143,650	146,825	150,635	144,285
48	43,767	45,883	48,423	44,190	(155)	148,650	151,825	155,635	149,285
(50)	45,767	47,883	50,423	46,190	160	153,650	156,825	160,635	154,285
52	47,767	49,883	52,423	48,190	(165)	158,650	161,825	165,635	159,285
55	50,767	52,883	55,423	51,190	170	163,650	166,825	170,635	164,285
(58)	53,767	55,883	58,423	54,190	(175)	168,650	171,825	175,635	169,285
60	55,767	57,883	60,423	56,190	180	173,650	176,825	180,635	174,285
(62)	57,767	59,883	62,423	58,190	(185)	178,650	181,825	185,635	179,285
65	60,767	62,883	65,423	61,190	190	183,650	186,825	190,635	184,285
(68)	63,767	65,883	68,423	64,190	(195)	188,650	191,825	195,635	189,285
70	65,767	67,883	70,423	66,190	200	193,650	196,825	200,635	194,285
(72)	67,767	69,883	72,423	68,190					

Резьба трубная по Селлерсу

(в СССР не применяется).

Угол между сторонами нарезки = 60°.

Эту таблицу часто соединяют с таблицей резьб по Витворту, причем наружный диаметр берут по Селлерсу, принимая витвортовский профиль резьбы.

Диаметры труб в свету . . дм	1/8	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8
» » » » . . мм	3,17	6,35	9,52	12,7	15,87	19,05	22,22
Число ниток на 1″ и	28	10	19	14	14	14	14
Наружный диаметр d_0 . . . мм	10,32	13,49	15,87	20,64	23,02	26,20	30,16
Внутренний диаметр d_1 . . »	9,14	11,76	14,14	18,29	20,67	23,84	27,81
Диаметры труб в свету . . дм	1	1 1/8	1 1/4	1 1/2	1 1/2	1 5/8	1 3/4
» » » » . . мм	25,4	28,57	31,75	34,92	38,1	41,27	44,45
Число ниток на 1″ и	11	11	11	11	11	11	11
Наружный диаметр d_0 . . мм	33,34	37,27	41,27	44,45	47,62	50,80	53,97
Внутренний диаметр d_1 . . »	30,34	34,27	38,27	41,45	44,62	47,80	50,97
Диаметры труб в свету . . дм	2	2 1/4	2 1/2	2 3/4	3	3 1/2	4
» » » » . . мм	50,8	57,15	63,5	69,85	76,2	88,9	101,6
Число ниток на 1″ и	11	11	11	11	11	11	11
Наружный диаметр d_0 . . мм	60,32	69,67	76,20	7[illegible],37	88,90	100,01	112,71
Внутренний диаметр d_1 . . »	57,32	66,67	73,20	76,37	85,90	97,09	109,71

Резьба электроарматурная метрическая

(по ОСТ 4004).

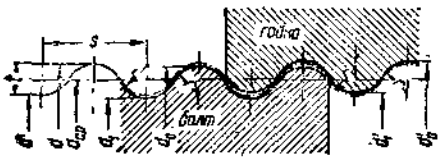
(Профиль нарезки такой же, как для метрической резьбы по ОСТ 32 см. стр. 613.)

Обозначение резьбы	Болт d_0	Болт d_1	$d_{ср}$	Гайка d_0'	Гайка d_1'	Соответствует ОСТ	
ЭМ 10 × 1	10	8,611	9,350	10,090	8,701	271	$s = 1$
ЭМ 13 × 1	13	11,611	12,350	13,090	11,701	272	$t_0 = 0{,}866$
ЭМ 16 × 1	16	14,611	15,350	16,090	14,701	272	$t_1 = 0{,}595$
ЭМ 21 × 1	21	19,611	20,350	21,090	19,701	272	$t_2 = 0{,}650$
ЭМ 27 × 1	27	25,611	26,350	27,090	25,701	4120	$r = 0{,}063$
ЭМ 30 × 1	30	28,611	29,350	30,090	28,701	4120	$z = 0{,}045$

Резьба электроарматурная метрическая применяется взамен прежней арматурной резьбы, применявшейся для ниппелей и для некоторых деталей электроустановочных изделий.

Резьба Эдисона

(по ОСТ 4001).



мм

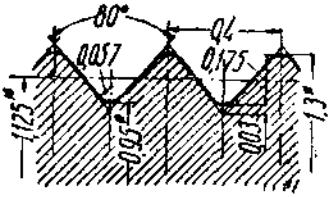
Теоретические размеры резьбы

Сокращенное обозначение	Наружный диам. d_0	Внутренн. диам. d_1	Средний диам. $d_{ср}$	Высота нарезки t	Радиус закруглен. r	Шаг резьбы s	Число ниток на 1" n	Прежнее название
E 10	9,57	8,55	9,06	0,51	0,531	1,814	14	малый миньон
E 14	13,93	12,33	13,13	0,80	0,825	2,822	9	миньон
E 27	26,50	24,31	25,405	1,095	1,025	3,629	7	нормальная
E 33	33,10	30,50	31,80	1,30	1,19	4,233	6	большая
E 40	39,55	35,95	37,75	1,80	1,85	6,350	4	голиаф

Предельные размеры резьбы для болта и гайки

Сокращенное обозначение	Болт				Гайка			
	Наружный диаметр d_0		Внутренний диаметр d_1		Наружный диаметр d_0'		Внутренний диаметр d_1'	
	наиб.	наим.	наиб.	наим.	наим.	наиб.	наим.	наиб.
E 10	9,53	9,36	8,51	8,34	9,61	9,78	8,59	8,76
E 14	13,90	13,70	12,30	12,10	13,96	14,16	12,36	12,56
E 27	26,45	26,15	24,26	23,96	26,55	26,85	24,36	24,66
E 33	33,05	32,65	30,45	30,05	33,15	33,55	30,55	30,95
E 40	39,50	39,05	35,90	35,45	39,60	40,05	36,00	36,45

Резьба для винтов для защитных очков предложена в 1932 г. DIN (по DIN 4649) с углом между сторонами нарезки в 80° и шагом 0,4 *мм* для диаметра 1,3 *мм*. Эта резьба пригодна для мягких материалов, при которых нарезка легко сминается и для скреплений, в которых вследствие небольшой толщины стенки не желательна значительная разница между наружным и внутренним диаметрами резьбы.



4. ДОПУСКИ ДЛЯ РЕЗЬБЫ.

Взаимозаменяемость резьбовых деталей, как уже было указано на стр. 604—605, определяется размерами следующих пяти характерных для резьбы величин: 1) среднего диаметра $d_{ср}$, 2) угла α между боковыми сторонами профиля нарезки и положением его относительно оси винта, 3) шага резьбы s, 4) наружного диаметра d_0, 5) внутреннего диаметра d_1.

Ошибка $\delta\frac{\alpha}{2}$ [1]) в угле между сторонами нарезки должна быть компенсирована средним диаметром, для болта — путем его уменьшения, для гайки — путем его увеличения, в обоих случаях на величину

$$f_1 = \frac{2t_2}{\sin\alpha}\cdot\delta\frac{\alpha}{2},$$

где t_2 обозначает рабочую высоту нарезки, соответствующую поверхности соприкосновения сторон нарезок гайки и винта.

Для метрической резьбы $f_1 = 0{,}44\ s\cdot\delta\frac{\alpha}{2}$.

Для резьбы Витворта (по ОСТ 33-а и 33-б) $f_1 = 0{,}35\ s\cdot\delta\frac{\alpha}{2}$.

Для дюймовой резьбы (по ОСТ 1260) $f_1 = 2{,}44\ t_2\cdot\delta\frac{\alpha}{2}$.

Ошибка δs в шаге должна быть также компенсирована надлежащим подбором величины среднего диаметра, который для винта должен быть уменьшен, а для гайки соответственно увеличен, в обоих случаях на величину

$$f_2 = \delta s\cdot\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{2}.$$

Так как угол α для дюймовой резьбы равен 55°, а для метрической резьбы — 60°, то

для дюймовой и Витворта резьбы . . $f_2 = 1{,}921\ \delta s$
" метрической резьбы . . . . . $f_2 = 1{,}732\ \delta s$.

Таким образом для компенсации ошибки в шаге и в угле между сторонами нарезки возможно колебание среднего диаметра на величину $f_1 + f_2$; кроме того сам средний диаметр может быть изготовлен с точностью до f_3, так что общий допуск для $d_{ср}$ в общем случае может быть:

$$f = f_1 + f_2 + f_3.$$

Значения f даются в зависимости от шага резьбы.

При вычислениях по приведенным выше зависимостям для метрической и дюймовой резьбы величины α определяются в минутах, f_1 f_2 и f_3 — в микронах, s — в *мм*.

При построении допусков для среднего диаметра $d_{ср}$ как в СССР, так и в Германии было принято, что вся величина допуска для $d_{ср}$ предназначена для компенсации ошибок f_1 и f_2, именно $\frac{1}{3}f$ — служит

[1]) Ошибка обозначена по отношению к половине угла между сторонами нарезки, так как этим одновременно учитывается как ошибка угла, так и расположение профиля нарезки по отношению к оси резьбы.

для компенсации *ошибки угла*, а *другая* часть — именно $\frac{2}{3} f$ — для компенсации ошибки шага, т. е. $f_1 = \frac{1}{3} f, f_2 = \frac{2}{3} f$; в этом можно убедиться из рассмотрения таблицы на стр. 671.

При таком построении допусков *для* $d_{ср}$, *величина которых исчислена* только с точки зрения компенсации погрешностей шага и угла между сторонами нарезки и не учитывает погрешностей собственно по среднему диаметру, *при определении* абсолютных величин допустимых погрешностей шага и угла пользуются способом, описанным ниже в примере. Однако при определении абсолютных *величин допустимых погрешностей* шага и угла между сторонами нарезки возможен другой путь, не предусмотренный таблицами ОСТ и DIN, — приравнивать *сумму погрешностей* шага и угла не полной величине допуска на $d_{ср}$, а лишь некоторой доле этого допуска, вычисленной вычитанием из допуска на $d_{ср}$ возможной погрешности при изготовлении $d_{ср}$. Такой способ расчета *также указан в помещенном* ниже примере.

Пользуясь приведенными выше зависимостями для f_1 и f_2 для метрической и дюймовой резьбы, зная допуск на *средний диаметр* (*который можно* брать из соответствующих таблиц, приведенных ниже) и зная действительную погрешность одного из элементов шага или угла между сторонами *нарезки, можно* вычислить допустимую погрешность другого элемента.

Пример. Для метрической *резьбы диаметром 10 мм допуск для* среднего диаметра по третьему классу точности $f = 205$ микрон. Предположим, что измерение винтов показало, что ошибка шага винта на *длине диаметра* $f_2 = 50$ μ. Тогда, считая, что средний диаметр сам по себе может быть изготовлен с погрешностью $f_3 = 100$ μ, находим, что $f_1 = f - f_2 - f_3 = 205 - 50 - 100 = 55$ μ. *Отсюда определяем допустимую* ошибку угла между сторонами нарезки:

$$f_1 = \pm 0{,}44 \cdot s \cdot \delta \frac{\alpha}{2} = \pm 0{,}55 \ \mu; \text{ для } \varnothing\, 10 \text{ мм } s = 1{,}5 \text{ мм}.$$

Отсюда

$$f_1 = \pm 0{,}44 \cdot s \cdot \delta \frac{\alpha}{2} = \pm 0{,}66 \cdot \delta \frac{\alpha}{2} = \pm 55 \ \mu; \ \delta \frac{\alpha}{2} = \pm \frac{55}{0{,}66} = \pm 88{,}3 \text{ минуты}.$$

Следует заметить, что ОСТ и DIN, как было указано выше, *приравнивают* (в пределе) допуск на средний диаметр сумме допусков на половину угла между сторонами нарезки и на погрешность шага, т. е. по ОСТ и DIN:

$$f \geqq f_1 + f_2.$$

По этой формуле указанная выше задача решается **следующим образом**:

$$f - f_2 \geqq f_1; \ 205 - 50 \geqq \pm 0{,}44 \cdot s \cdot \delta \frac{\alpha}{2},$$

отсюда

$$\pm \delta \frac{\alpha}{2} \leqq \frac{155}{0{,}66} = 235' \approx 4^\circ.$$

Допуски для резьбы в СССР. Первый проект допусков для метрической *резьбы* (по ОСТ 32 и 193) в СССР был опубликован в ноябре 1930 г., утвержден в ноябре 1931 г., вышел в качестве стандартов в феврале 1932 г. (ОСТ 1251, 1252, 1253 *и затем, несколько позднее* — ОСТ 1254 и 1255).

В основу системы резьбовых допусков положено понятие единицы допусков (ЕД). Одна единица допуска принята равной, аналогично германской системе допусков, $67\sqrt[3]{s}$, где s в *мм*, величина же ЕД должна получиться в микронах.

Выпешние стандарты (ОСТ) охватывают два класса точности для метрической резьбы: 2-й класс, для которого для среднего диаметра приняты 1,5 ЕД ($100\sqrt{s}$), и 3-й класс, для которого приняты для среднего диаметра 2,5 ЕД. Допуски для этих классов точности установлены для диаметров от 1 до 600 *мм*.

Допуски для наружного диаметра резьбы болта для 2-го и 3-го классов точности приняты одинаковыми, приблизительно равным удвоенным допускам для среднего диаметра по третьему классу точности. [1] Предполагается, что допуски на прокатное болтовое железо будут установлены такими же, как и на наружный диаметр резьбы. Кроме указанных допусков на наружный диаметр, ОСТ 1251 и 1253 устанавливают более точный ряд допусков — класс 2*а*, для точеных болтов по наружному диаметру; в основу построения этого класса 2*а* для допусков на наружный диаметр — принято удвоение допусков для среднего диаметра по второму классу точности, т. е. приняты 3 ЕД.

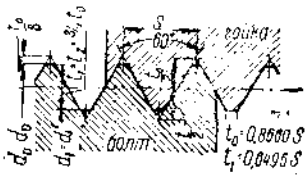


Рис. 188.

Допуски для наружного диаметра резьбы гайки приняты вдвое большими, чем для среднего диаметра, т. е. для 2-го класса точности приняты 3 ЕД, для 3-го класса — 5 ЕД.

Допуски для внутреннего диаметра резьбы болта приняты одинаковыми с допусками на наружный диаметр резьбы гайки, т. е. для 2-го класса точности 3 ЕД, для 3-го — 5 ЕД.

Допуски для внутреннего диаметра резьбы гайки приняты одинаковыми для 2-го и 3-го классов точности и построены таким образом, чтобы получился зазор у основания нарезки (см. рис. 189). При этом нижний предел размера d_1' расположен от основания теоретического профиля нарезки на расстоянии от 5 до 8% высоты нарезки, верхний предел — от 16 до 30% — в зависимости от шага резьбы.

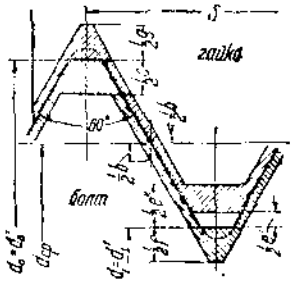


Рис. 189.

Допуски для метрической резьбы для $d_{ср}$, d_0, d_1, d_0' и d_1' отсчитываются от линии теоретического профиля резьбы, общего для болта и гайки (рис. 188); наружный диаметр этого профиля принят равным теоретическому наружному диаметру болта по ОСТ 32, а внутренний — теоретическому внутреннему диаметру гайки по тому же ОСТ. На рис. 189 представлен в увеличенном виде профиль нарезки метрической резьбы с указанием расположения допусков болта и гайки. Указанные на рис. 189 символы имеют следующее значение: g — допуск для наруж-

[1] Следует заметить, что установление допусков на наружный диаметр в зависимости от допусков $d_{ср}$ не оправдывается для резьб с притуплением при вершине нарезки.

ного ∅ гайки, *c*—допуск для наружного ∅ болта, *b*—допуск для среднего диаметра, *e'*—нижнее отклонение внутреннего ∅ гайки, *e''* верхнее отклонение внутреннего ∅ гайки, *f*—допуск для внутреннего ∅ болта. Теоретическое закругление при вершине нарезки гайки по ОСТ 32, указанное на рис. 189 пунктиром, может быть выполнено метчиками с соответствующим закруглением при вершине нарезки; однако существование этого закругления не обязательно, потому что нижний и верхний пределы колебания d_0' ограничены прямой (не закруглением). При вершине нарезки за счет допусков *резьбы гайки и болта практически* всегда получается зазор. ОСТ предлагает проверять лишь наименьший размер d_0' путем навинчивания в гайку резьбовой пробки, наружный диаметр которой равен наибольшему возможному диаметру резьбы болта; наибольший размер d_0' не проверяется. Аналогично этому внутренний диаметр резьбы болта d_1 проверяется только по наибольшему возможному d_1, путем навинчивания на болт резьбового кольца, имеющего притупление по прямой у основания нарезки по диаметру, равному наименьшему внутреннему диаметру резьбы гайки. Наименьший размер d_1 не проверяется. В таблице допусков *наибольший* d_0' *и наименьший* d_1 *указаны лишь* для ориентировки при конструировании режущего инструмента.

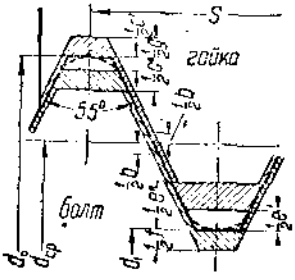


Рис. 190.

Ниже приведена сводная табличка данных для построения допусков *для метрической резьбы* по ОСТ 32.

Диаметры	Отклонения	2-й класс	3-й класс
Средний диам. резьбы болта $d_{ср}$	верхнее нижнее	0 — 1,5 ЕД	0 — 2,5 ЕД
Средний диам. резьбы гайки $d_{ср}'$	нижнее верхнее	0 + 1,5 ЕД	0 + 2,5 ЕД
Наружн. диам. резьбы болта d_0 (приближенно)	верхнее нижнее	0 — 5 ЕД (*или* 3 ЕД)	0 — 5 ЕД
Наружн. диам. резьбы гайки d_0'	нижнее верхнее	0 + 3 ЕД	0 + 5 ЕД
Внутрен. диам. резьбы болта d_1	верхнее нижнее	0 — 3 ЕД	0 — 5 ЕД
Внутрен. диам. резьбы гайки d_1'	*нижнее* верхнее	см. текст выше	

В октябре 1932 г. опубликованы со сроком введения с 1 января 1933 г. допуски на дюймовую резьбу по ОСТ 1260; таблица допусков для этой резьбы по 2-му и 3-му классам точности *помещена на стр. 663.*

На рис. 190 представлен в увеличенном виде профиль нарезки дюймовой резьбы с указанием расположения допусков болта и гайки. Пунктиром *показаны закругления профиля резьбы по системе Витворта* (этот про-

филь с закруглением теперь отменен и заменен ОСТ 1260, к которому и относится рис. 190).

Допуски для резьбы в Германии, положенные в основу допусков для резьбы по ОСТ (для диаметров до 68 *мм*) и проекта ISA, [1]) имеют очень много общего с описанными выше. До 1932 г. были опубликованы таблицы допусков для трех классов точности. Допуски для среднего диаметра определяются в зависимости от количества единиц допуска (1 ЕД $= 67\sqrt{s}$), присвоенных каждому классу:

1-й класс точности	(особо точные винты и гайки)	1 ЕД
2-й „ „	(торговые хорошие сорта винтов и гаек, винты и гайки средней точности) . . .	1,5 ЕД
3-й „ „	(грубые винты и гайки)	2,5 ЕД

Допуски для резьбы по DIN для второго и третьего классов точности приняты для диаметров, начиная с 5 *мм*, и их можно считать подтвержденными практикой; что же касается допусков 1-го класса точности и оговоренной ниже плотной резьбовой посадки, то они нуждаются еще в дальнейшей проверке, как и остальные данные, приведенные в Справочнике, относящиеся к допускам для резьбы. Германский комитет по нормализации по всем этим вопросам до 1932 г. не мог принять окончательного решения. Ниже приведены главнейшие принципы, на основе которых предполагалось пересмотреть изданные DIN нормы на допуски для резьбы.

По допускам DIN для второго и третьего классов точности для среднего диаметра винтов теоретический профиль нарезки является верхним пределом, для соответствующих же им гаек — нижним пределом.

Для винтов второго и третьего классов допуск для наружного диаметра d_0 резьбы предполагается установить одинаковым. Наименьший предельный размер d_0 для винтов равняется наименьшему предельному размеру прокатанного железа для винтов. Наибольший предельный размер d_0 для винтов для метрической резьбы соответствует номинальному наружному диаметру резьбы, для резьбы Витворта — номинальному диаметру резьбы минус наименьший допустимый зазор между вершинами нарезок. Для внутреннего диаметра резьбы винтов второго и третьего классов точности для метрической резьбы верхний предельный размер d_1 равняется теоретическому d_1' гайки; для резьбы Витворта верхний предельный размер d_1 предполагается также установить равным теоретическому d_1' гайки, так как зазор при вершине нарезки по DIN считается нужным отнести за счет гайки (см. ниже). Допуск для d_1 второго и третьего классов предполагается установить одинаковым; в настоящее время обсуждается возможность для обоих классов дать один и тот же допуск = 4 ЕД.

Овальность наружного, внутреннего и среднего диаметров резьбы винта в Германии (установлено на срок до конца 1930 г.) считается допустимой, если браковочная сторона скобы для проверки соответственного диаметра в трех положениях на окружности винта, расположенных под углом в 45° друг к другу, не пропускает винта.

Для гаек наименьшим допустимым наружным диаметром d_0' для метрической резьбы предположено установить теоретический размер наружного диаметра винта. Для резьбы Витворта второго и третьего классов точности устанавливается один для обоих классов точности наименьший предельный размер d_0', соответствующий теоретическому профилю нарезки плюс удвоенный наименьший допустимый зазор между вершинами нарезок. Наибольший допустимый предельный размер внутреннего диаметра d_1.

[1]) International Standards Association.

резьбы гайки для средних величин диаметров резьб соответствует приблизительно $\frac{5}{12}$ глубины нарезки выше теоретического размера d_1' гайки, для малых диаметров резьб соответственно выше, для больших ниже. Наименьший допустимый предельный размер d_1' гайки для метрической резьбы равняется теоретическому внутреннему диаметру резьбы.

По допускам DIN первого класса точности в опубликованном ранее проекте для $d_{ср}$ винта верхний допустимый предельный размер лежит выше теоретического среднего диаметра резьбы на величину $\frac{1}{6}$ ЕД, вследствие чего обеспечивалась большая плотность соединения резьбовых пар, изготовленных по первому классу точности. В рассматриваемом же в настоящее время DIN проекте допусков первого класса точности средний диаметр теоретического профиля нарезки равняется наибольшему предельному допустимому $d_{ср}$ винта и наименьшему предельному допустимому $d_{ср}$ гайки, так же как это имеет место во втором и третьем классах точности, величину же допуска для первого класса точности предполагают оставить в 1 ЕД.

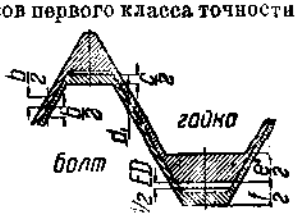


Рис. 191.

Для наружного диаметра винтов по первому классу точности для метрической резьбы верхний допустимый предел равняется номинальному наружному диаметру резьбы. Наименьший допустимый предел определяется в — 10 ЕД, соответственно наименьшим допустимым предельным диаметрам стали для винтов по DIN 668. Для резьбы Витворта наименьший допустимый предел d_0 определяется так же, как и для метрической резьбы, наибольший же допустимый предел для d_0 равняется номинальному размеру резьбы минус удвоенный наименьший допустимый зазор при вершине нарезки. Допуск на овальность винтов не установлен, так как винты точатся и по наружному диаметру. Наибольший предельный размер внутреннего диаметра резьбы винта для метрической резьбы и резьбы Витворта равняется теоретическому внутреннему диаметру резьбы гайки.

Наименьший допустимый предельный размер наружного диаметра резьбы гайки для метрической резьбы и резьбы Витворта предполагается принять таким же, как и для второго и третьего классов точности.

Наибольший допустимый размер внутреннего диаметра резьбы гайки для первого класса точности предполагается установить для средних диаметров винтов на расстоянии в 0,25 t_2 (рабочей глубины нарезки) от основания теоретического профиля; для малых диаметров резьб отступления от этой величины будут в бо́льшую сторону, для бо́льших диаметров — в меньшую.

Расположение допусков для первого класса точности для метрической резьбы относительно теоретического профиля нарезки см. на рис. 191.

Плотная резьбовая посадка. Кроме указанных трех классов точности, в Германии предполагается также ввести специальную плотную резьбовую посадку; элементы резьбовых деталей при этом должны будут изготовляться по первому классу точности; расположение же допусков относительно теоретического профиля нарезки будет соответствовать системе отверстия круглых пригонок для весьма плотной посадки, а именно:

Средний диаметр резьбы гайки $d_{ср}' + 1$ ЕД; средний диаметр резьбы винта $d_{ср} + 1$ ЕД. Для гаек из хрупких и легких металлов среднему

диаметру резьбы винта предполагается установить допуски $d_{ср} - \frac{1}{3}$ ЕД до $d_{ср} + \frac{2}{3}$ ЕД. Допуски для наружного и внутреннего диаметров винта и гайки предполагается принять те же, что для первого класса точности, чтобы обеспечить наименьший зазор между вершинами нарезки. При таких резьбовых допусках для гайки первого класса точности и для плотной посадки значения допусков одни и те же.

Допуски для мелкой резьбы[1]) (т. е. для резьбы с измельченным шагом нарезки) в настоящее время находятся в стадии разработки. DIN предполагает принять следующие положения. Допуски разрабатываются для трех классов точности. Допуск для среднего диаметра находится следующим образом. В таблицах допусков для обычной крепежной резьбы данного профиля (т. е. метрического или дюймового) (см. стр. 660 и сл.) находят допуск, соответствующий шагу заданной резьбы, и к нему прибавляются две величины, одна из которых соответствует припуску в зависимости от длины мелкой резьбы, а другая—в зависимости от диаметра. Первый припуск z находится по формуле: $z = \frac{1}{5} f \left(\frac{l}{L} - 1\right)$, где f — допуск для соответственной крепежной резьбы, L — длина завинчивания этой резьбы, l — длина завинчивания мелкой резьбы. Величины z в % можно брать из таблицы № 1. Величина второго припуска a находится по DIN в зависимости от класса точности (d — диаметр мелкой резьбы, D — диаметр крепежной резьбы) по формулам, помещенным выше в табличке

Таблица 1.

$\frac{l}{L}$	z %
$< \frac{1}{4}$	−20
$\frac{1}{4}$ до $< \frac{3}{4}$	−10
$\frac{3}{4}$ „ $< 1\frac{1}{4}$	0
$1\frac{1}{4}$ „ $< 1\frac{3}{4}$	+10
$1\frac{3}{4}$ „ $< 2\frac{1}{4}$	+20
$2\frac{1}{4}$ „ $< 2\frac{3}{4}$	+30
$2\frac{3}{4}$ „ $< 3\frac{1}{4}$	+40
$3\frac{1}{4}$ „ $< 3\frac{3}{4}$	+50
$3\frac{3}{4}$ „ $>$	+60

Класс точности	a
1-ый	$15\left(\sqrt[3]{d} - \sqrt[3]{D}\right)$
2-ой	$25\left(\sqrt[3]{d} - \sqrt[3]{D}\right)$
3-ий	$40\left(\sqrt[3]{d} - \sqrt[3]{D}\right)$

Для упрощения расчета величины a можно пользоваться средними значениями величины a, помещенными ниже в таблице — для трех классов точности.

Классы точности \ Диаметр резьбы	от 1 до 3	выше 3 до 6	выше 6 до 10	выше 10 до 18	выше 18 до 30	выше 30 до 50	выше 50 до 80	выше 80 до 120	выше 120 до 180	выше 180 до 260	выше 260 до 360	выше 360 до 500
1-ый (8 ЕД)	18	24	30	36	43	51	60	69	79	90	101	113
2-ой (5 ЕД)	31	41	50	60	72	85	100	116	132	150	169	188
3-ий (8 ЕД)	49	65	79	96	115	136	160	185	212	241	270	301

[1]) См. Berndt, Die deutschen Gewindetoleranzen, Berlin, 1929

Пример: Определить допуск по второму классу точности на средний диаметр мелкой метрической резьбы с $d_0 = 30$ *мм* и $s = 0{,}5$ *мм*, длиной $l = 15$ *мм*. Из таблицы на стр. 612 находим, что шагу $s = 0{,}5$ *мм* соответствует диаметр D крепежной резьбы в 3 *мм*. *Дальше находим:*

1) допуск f для D для крепежной резьбы с шагом 0,5 *мм* по 2-му классу точности = ... 71 μ
2) отношение $l : L = 15 : 3 = 5$ (так как длина L крепежной резьбы, для которой рассчитывается допуск, равна D),
3) припуск z по таблице 1 для $l : L = 5$ равен 60% от f; значит $z = 0{,}6 \cdot 71 =$ . . . . . 42 μ
4) *припуск* $a = 72 - 31 =$ . . . . . 41 μ

Итого допуск на средний диаметр мелкой резьбы . . . . . 154 μ

В 1932 г. Всесоюзный институт Метрологии и Стандартизации разработал проект допусков на 1-ю и 2-ю мелкие резьбы по ОСТ 271 и 272; руководствуясь в общем описанными выше положениями проф. Berndt'а, проект помещен на стр. 663—664. Очевидно, что для длин ввинчивания, *отличающихся от указанных в этих таблицах, допуски для среднего диаметра* также будут иными (для наружного и внутреннего диаметров гайки и винта допуски могут оставаться неизменными). Следует также отметить, что предельные калибры для мелких резьб применимы лишь при не особенно малых шагах, так как иначе — вследствие малой высоты, на которой происходит соприкасание нарезок непроходного калибра с проверяемой резьбой — очень затруднится изготовление не*проходных калибров и ставится под сомнение правильность проверки* ими.

Применение предельных калибров для мелкой резьбы в настоящее время можно считать возможным начиная с шага 0,5 *мм* (для точных посадок, что, однако, сопряжено с известными трудностями). [1])

Допуски для трубной резьбы, являющейся мелкой резьбой, могут быть установлены по тем же правилам, которые были описаны выше. На стр. 676—677 помещена таблица с допусками для трубной резьбы (применительно к DIN 259), являющаяся проектом, составленным проф. Berndt.[2]) Так как трубная резьба по ОСТ практически совпадает с резьбой трубной по DIN, этот проект *полностью приложим и для резьбы по* ОСТ 266.

---

[1]) Prof. Berndt в своей книге „Die deutschen Gewindetoleranzen" (стр. 113) указывает на применимость среднего и грубого классов точности для мелкой резьбы лишь для шагов свыше 0,75 *мм* и ограничивает его применение диаметром в 150 *мм*, ссылаясь на то, что при *больших диаметрах условия проверки калибрами* отличны от таковых при меньших диаметрах. Нужно указать также, что по тем же соображениям, которые приведены в тексте, для точных посадок наименьший шаг, применимый для предельных резьбовых калибров, имеет меньшую величину, чем для грубых.

[2]) Prof. Dr. G. Berndt, Die deutschen Gewindetoleranzen, стр. 61.

5. ТАБЛИЦЫ ДОПУСКОВ ДЛЯ РЕЗЬБ.

Допуски для метрической резьбы по ОСТ 94.
2-й класс точности
(по ОСТ 1254).

(См. рис. 189 на стр. 654).

Номинальн. диаметр резьбы d_0 мм	Шаг s мм	Размеры в μ								
		Наружный диам. болта		Внутренний диам. болта		Допуски среднего диаметра болта и гайки b	Внутренний диам. гайки		Наружный диам. гайки	
		Отклонения					Отклонения			
		верхн.	нижн. $-c$	верхн.	нижн. $-f$		нижн. e'	верхн. $+e''$	нижн.	верхн. $+g$
1,0—1,2	0,25	0	100	0	100	50	35	125	0	100
1,4	0,30	0	110	0	110	55	40	140	0	110
1,7	0,35	0	120	0	120	59	45	155	0	120
2,0—2,2	0,40	0	125	0	125	64	50	170	0	125
2,6	0,45	0	135	0	135	67	55	185	0	135
3,0	0,50	0	140	0	140	71	60	200	0	140
(3,5)	0,60	0	155	0	155	78	69	239	0	155
4,0	0,70	0	170	0	170	84	79	279	0	170
5,0	0,80	0	180	0	180	90	89	319	0	180

Допуски для метрической резьбы по ОСТ 94.
3-й класс точности
(по ОСТ 1255).

(См. рис. 189 на стр. 654).

Номинальн. диаметр резьбы d_0 мм	Шаг s мм	Размеры в μ								
		Наружный диам. болта		Внутренний диам. болта		Допуски среднего диаметра болта и гайки b	Внутренний диам. гайки		Наружный диам. гайки	
		Отклонения					Отклонения			
		верхн.	нижн. $-c$	верхн.	нижн. $-f$		нижн. $+e'$	верхн. $+e''$	нижн.	верхн. $+g$
1,0—1,2	0,25	0	100	0	168	84	35	125	0	168
1,4	0,30	0	110	0	184	92	40	140	0	184
1,7	0,35	0	120	0	198	99	45	155	0	198
2,0—2,3	0,40	0	125	0	212	106	50	170	0	212
2,6	0,45	0	135	0	224	112	55	185	0	224
3,0	0,50	0	140	0	236	118	60	200	0	236
(3,5)	0,60	0	260	0	260	130	69	239	0	260
4,0	0,70	0	280	0	280	140	79	279	0	280
5,0	0,80	0	300	0	300	150	89	319	0	300

Допуски для метрической резьбы по ОСТ 32.

2-й *класс точности*

(по ОСТ 1251).

(См. рис. 189 на стр. 654).

Номинальный диаметр резьбы d_0 *мм*	Шаг резьбы s *мм*	Размеры в μ									
		Наружный диаметр болта			Внутренний диам. болта		Допуски среднего диаметра болта и гайки b	Внутренний диаметр гайки		Наружный диам. гайки	
		Отклонения						Отклонения			
		верхнее	нижнее — c класс 2*a*	нижнее — c класс 2	верхнее	нижнее — f		нижнее + e'	верхнее + e''	нижнее	верхнее + g
6; (7)	1	0	— 200	— 350	0	— 201	101	+ 109	+ 399	0	+ 201
8; (9)	1,25	0	— 200	— 400	0	— 225	112	+ 133	+ 443	0	+ 225
10; (11)	1,5	0	— 250	— 400	0	— 246	123	+ 179	+ 499	0	+ 246
12	1,75	0	— 250	— 450	0	— 266	133	+ 193	+ 553	0	+ 266
814; 16	2	0	— 300	— 500	0	— 284	142	+ 218	+ 598	0	+ 284
2; 20; 22	2,5	0	— 300	— 550	0	— 318	159	+ 267	+ 697	0	+ 318
14; 27	3	0	— 350	— 600	0	— 348	174	+ 327	+ 787	0	+ 348
30; (33)	3,5	0	— 400	— 650	0	— 376	188	+ 386	+ 906	0	+ 376
36; (39)	4	0	— 400	— 700	0	— 402	201	+ 436	+ 996	0	+ 402
42; (45)	4,5	0	— 450	— 750	0	— 426	213	+ 485	+ 1095	0	+ 426
48; (52)	5	0	— 450	— 750	0	— 451	225	+ 545	+ 1205	0	+ 451
56; (60)	5,5	0	— 500	— 800	0	— 496	236	+ 595	+ 1295	0	+ 496
64; (68)	6	0	— 500	— 850	0	— 542	246	+ 644	+ 1394	0	+ 542

Допуски для метрической резьбы по ОСТ 32.

3-й класс точности

(*по* ОСТ 1252).

(См. рис. 189 на стр. 654).

Номинальный диаметр резьбы d_0 *мм*	Шаг резьбы s *мм*	Размеры в μ								
		Наружный диам. болта		*Внутр. диаметр* болта		Допуски среднего диаметра болта и гайки b	Внутр. диаметр гайки		Наружн. диаметр гайки	
		Отклонения					Отклонения			
		верхнее	нижнее — c	верхнее	нижнее — f		нижнее + e'	верхнее + e''	нижнее	верхнее + g
6; (7)	1	0	— 350	0	— 335	168	+ 109	+ 399	0	+ 335
8; (9)	1,25	0	— 400	0	— 375	187	+ 133	+ 443	0	+ 375
10; (11)	1,5	0	— 400	0	— 410	205	+ 179	+ 499	0	+ 410
12	1,75	0	— 450	0	— 443	222	+ 193	+ 553	0	+ 443
14; 16	2	0	— 500	0	— 474	237	+ 218	+ 598	0	+ 474
18; 20; 22	2,5	0	— 550	0	— 530	265	+ 267	+ 697	0	+ 530

Номинальный диаметр резьбы d_0 *мм*	Шаг резьбы s *мм*	Размеры в μ: Наружный диам. болта — Отклонения: верхнее	Наружный диам. болта — Отклонения: нижнее $-e$	Внутренний диам. болта — Отклонения: верхнее	Внутренний диам. болта — Отклонения: нижнее $-f$	Допуски среднего диаметра болта и гайки b	Внутр. диаметр гайки — Отклонения: нижнее $+e'$	Внутр. диаметр гайки — Отклонения: верхнее $+e''$	Наружн. диаметр гайки — Отклонения: нижнее	Наружн. диаметр гайки — Отклонения: верхнее $+g$
24; 27	3	0	— 600	0	— 580	290	+ 327	+ 787	0	+ 580
30; (33)	3,5	0	— 650	0	— 627	313	+ 386	+ 906	0	+ 627
36; (39)	4	0	— 700	0	— 670	335	+ 436	+ 996	0	+ 670
42; (45)	4,5	0	— 750	0	— 711	355	+ 485	+ 1095	0	+ 711
48; (52)	5	0	— 750	0	— 749	375	+ 545	+ 1205	0	+ 749
56; (60)	5,5	0	— 800	0	— 786	393	+ 595	+ 1295	0	+ 786
64; (68)	6	0	— 850	0	— 821	410	+ 644	+ 1394	0	+ 821

Допуски для метрической резьбы по ОСТ 193.
2-й и 3-й классы точности
(по ОСТ 1253).
(См. рис. 189 на стр. 654).

Номинальный диаметр резьбы d_0 *мм*	Шаг резьбы s *мм*	Размеры в μ: Наружный диаметр болта — Отклонения: верхнее	Нижн. $-e$ класс 2а	нижн. $-e$	Внутр диаметр болта — Отклонения: верхнее	нижнее $-f$	Допуски среднего диаметра болта и гайки b	Внутренний диам. гайки — Отклонения: нижнее $+e'$	верхнее $+e''$	Наружный диам. гайки — Отклонения: нижнее	верхнее $+g$
2-й класс точности											
72—80	6	0	— 500	— 850	0	— 542	246	+ 644	+ 1394	0	+ 542
85—120	6	0	— 500	— 900	0	— 542	262	+ 644	+ 1394	0	+ 542
125—180	6	0	— 550	— 950	0	— 560	280	+ 644	+ 1394	0	+ 560
185—260	6	0	— 600	— 1000	0	— 600	300	+ 644	+ 1394	0	+ 600
265—360	6	0	— 600	— 1100	0	— 630	315	+ 644	+ 1394	0	+ 630
370—500	6	0	— 650	— 1100	0	— 670	335	+ 644	+ 1394	0	+ 670
510—600	6	0	— 700	— 1200	0	— 700	350	+ 644	+ 1394	0	+ 700
3-й класс точности											
72—80	6	0	—	— 850	0	— 820	410	+ 644	+ 1394	0	+ 820
85—120	6	0	—	— 900	0	— 870	435	+ 644	+ 1394	0	+ 870
125—180	6	0	—	— 950	0	— 920	460	+ 644	+ 1394	0	+ 920
185—260	6	0	—	— 1000	0	— 980	490	+ 644	+ 1394	0	+ 980
265—360	6	0	—	— 1100	0	— 1040	520	+ 644	+ 1394	0	+ 1040
370—500	6	0	—	— 1100	0	— 1100	550	+ 644	+ 1394	0	+ 1100
510—600	6	0	—	— 1200	0	— 1150	580	+ 644	+ 1394	0	+ 1150

Допуски для 1-й мелкой метрической резьбы по ОСТ 271

(по проекту ВИМС). (См. рис. 189, стр 654)

Номинальный диаметр резьбы d мм	Шаг s мм	Нормальная длина зацепления мм	Размеры в μ									
			Наружн. диам. болта			Внутр диам. болта		Допуск средн. диам. болта и гайки	Внутр. диам. гайки		Наруж диам гайки	
			отклонения						отклонения			
			верхнее	нижн. — c класс 2 a	нижнее — c	верхнее	нижнее — f		нижнее + e'	верхнее + e''	нижнее	верхнее + g
2-й класс точности												
1—1,7	0,2	1	0	100	—	0	90	45	30	110	0	90
2—2,3	0,25	1,2	0	100	—	0	114	57	34	124	0	114
2,6—3,5	0,35	1,7	0	120	—	0	132	66	44	154	0	132
4—5,5	0,5	3	0	140	150	0	156	78	60	200	0	156
6—7	0,75	5	0	180	300	0	188	94	74	314	0	188
8—11	1,0	6	0	200	350	0	216	108	109	399	0	216
12	1,25	8	0	200	400	0	238	119	133	443	0	238
14—22	1,5	10	0	250	450	0	270	135	179	499	0	270
24—33	2	16	0	300	500	0	316	158	218	598	0	316
36—52	3	27	0	350	600	0	380	190	328	788	0	380
56—80	4	36	0	400	700	0	440	220	436	996	0	440
85—120	4	36	0	450	750	0	468	234	436	996	0	468
125—180	4	36	0	500	800	0	500	250	436	996	0	500
185—260	4	36	0	550	900	0	552	276	436	996	0	552
265—360	4	36	0	600	950	0	574	287	436	996	0	574
370—400	4	36	0	600	1000	0	598	299	436	996	0	598
3-й класс точности												
1—1,7	0,2	1	0	—	100	0	150	75	30	110	0	150
2—2,3	0,25	1,2	0	—	100	0	170	85	34	124	0	170
2,6—3,5	0,35	1,7	0	—	120	0	218	109	44	154	0	218
4—5,5	0,5	3	0	—	150	0	258	129	60	200	0	258
6—7	0,75	5	0	—	300	0	312	156	74	314	0	312
8—11	1,0	6	0	—	350	0	358	179	109	399	0	358
12	1,25	8	0	—	400	0	398	199	133	443	0	398
14—22	1,5	10	0	—	450	0	446	223	179	499	0	446
24—33	2	16	0	—	500	0	524	262	218	598	0	524
36—52	3	27	0	—	600	0	634	317	328	788	0	634
56—80	4	36	0	—	700	0	730	365	436	996	0	730
85—120	4	36	0	—	750	0	776	388	436	996	0	776
125—180	4	36	0	—	800	0	830	415	436	996	0	830
185—260	4	36	0	—	900	0	914	457	436	996	0	914
265—360	4	36	0	—	950	0	948	474	436	996	0	948
370—400	4	36	0	—	1000	0	986	493	436	996	0	986

Допуски для 2-й мелкой метрической резьбы по ОСТ 272

(по проекту ВИМС). (См. рис. 189 на стр. 654).

Номинальный диаметр резьбы d мм	Шаг s мм	Нормальная длина завинчивания мм	Размеры в μ									
			Наружн. диам. болта			Внутр. диам. болта		Допуск средн. диам. болта и гайки	Внутр. диам. гайки		Наруж. диам. гайки	
			отклонения						отклонения			
			верхнее	нижн. — c класс $2a$	нижнее — c	верхнее	нижнее — f		нижнее + e'	верхнее + e''	нижнее	верхнее + g
2-й класс точности												
6—7	0,5	3	0	150	160	0	163	81	60	200	0	163
8—11	0,75	5	0	180	300	0	200	100	74	314	0	200
12—22	1,0	6	0	200	350	0	240	120	108	399	0	240
24—33	1,5	10	0	250	450	0	290	145	179	499	0	290
36—52	2,0	14	0	350	550	0	340	170	218	598	0	340
56—80	3,0	27	0	450	650	0	406	203	328	788	0	406
85—120	3,0	27	0	500	700	0	424	212	328	788	0	424
125—180	3,0	27	0	550	750	0	470	235	328	788	0	470
185—260	3,0	27	0	600	800	0	506	253	328	788	0	506
265—300	3,0	27	0	600	850	0	532	265	328	788	0	532
3-й класс точности												
6—7	0,5	3	0	—	160	0	268	134	60	200	0	268
8—11	0,75	5	0	—	300	0	336	168	74	314	0	336
12—22	1,0	6	0	—	350	0	396	198	109	399	0	396
24—33	1,5	10	0	—	450	0	482	241	179	499	0	482
36—52	2,0	14	0	—	550	0	562	281	218	598	0	562
56—80	3,0	27	0	—	650	0	670	336	328	788	0	672
85—120	3,0	27	0	—	700	0	720	360	328	788	0	720
125—180	3,0	27	0	—	750	0	764	382	328	788	0	764
185—260	3,0	27	0	—	800	0	832	416	328	788	0	832
265—300	3,0	27	0	—	850	0	874	437	328	788	0	874

Предельные размеры для метрической резьбы по ОСТ 94. 2-й класс точности

(по ОСТ 1254).

мм

Номинальный диам. резьбы	Шаг резьбы s	Диаметры резьбы болта						Диаметры резьбы гайки					
		наружн. d_0		внутренн. d_1		средний $d_{ср}$		наружн. d_0'		внутренн. d_1'		средний $d_{ср}'$	
		наиб.	наим.	наиб.	наим.	наиб.	наим.	наим.	наиб.	наим.	наиб.	наим.	наиб.
1	0,25	1	0,900	0,676	0,575	0,838	0,788	1,0	1,101	0,710	0,800	0,838	0,888
1,2	0,25	1,2	1,100	0,876	0,775	1,038	0,988	1,2	1,301	0,910	1,000	1,038	1,088
1,4	0,3	1,4	1,290	1,010	0,900	1,205	1,150	1,4	1,510	1,050	1,150	1,205	1,260
1,7	0,35	1,7	1,580	1,246	1,127	1,473	1,414	1,7	1,819	1,290	1,400	1,473	1,532
2	0,4	2	1,875	1,480	1,353	1,740	1,676	2	2,127	1,530	1,650	1,740	1,804
2,3	0,4	2,3	2,175	1,780	1,653	2,040	1,976	2,3	2,427	1,830	1,950	2,040	2,104
2,6	0,45	2,6	2,465	2,016	1,881	2,308	2,241	2,6	2,735	2,070	2,200	2,308	2,375
3	0,5	3	2,860	2,350	2,208	2,675	2,604	3	3,142	2,410	2,550	2,675	2,746
(3,5)	0,6	3,5	3,350	2,720	2,564	3,110	3,032	3,5	3,656	2,790	2,960	3,110	3,188
4	0,7	4	3,830	3,091	2,923	3,546	3,462	4	4,168	3,170	3,370	3,546	3,630
5	0,8	5	4,820	3,961	3,781	4,480	4,390	5	5,180	4,050	4,280	4,480	4,570

Предельные размеры для метрической резьбы по ОСТ 94. 3-й класс точности

(по ОСТ 1255).

мм

Номинальный диам. резьбы	Шаг резьбы s	Диаметры резьбы болта						Диаметры резьбы гайки					
		наружн. d_0		внутренн. d_1		средний $d_{ср}$		наружн. d_0'		внутренн. d_1'		средний $d_{ср}'$	
		наиб.	наим.	наиб.	наим.	наиб.	наим.	наим.	наиб.	наим.	наиб.	наим.	наиб.
1	0,25	1	0,900	0,676	0,508	0,838	0,754	1	1,163	0,710	0,800	0,838	0,922
1,2	0,25	1,2	1,100	0,876	0,708	1,038	0,954	1,2	1,363	0,910	1,000	1,033	1,122
1,4	0,3	1,4	1,290	1,010	0,827	1,205	1,113	1,4	1,583	1,050	1,150	1,205	1,297
1,7	0,35	1,7	1,580	1,246	1,047	1,473	1,374	1,7	1,899	1,290	1,400	1,473	1,572
2	0,4	2	1,875	1,480	1,268	1,740	1,634	2	2,212	1,530	1,650	1,740	1,846
2,3	0,4	2,3	2,175	1,780	1,568	2,040	1,934	2,3	2,512	1,830	1,950	2,040	2,146
2,6	0,45	2,6	2,465	2,016	1,791	2,308	2,196	2,6	2,825	2,070	2,200	2,308	2,420
3,0	0,5	3	2,850	2,350	2,113	2,675	2,557	3	3,237	2,410	2,550	2,675	2,793
(3,5)	0,6	3,5	3,250	2,720	2,461	3,110	2,980	3,5	3,759	2,790	2,960	3,110	3,240
4,0	0,7	4	3,720	3,091	2,811	3,546	3,406	4	4,230	3,170	3,370	3,546	3,686
5,0	0,8	5	4,700	3,961	3,661	4,480	4,330	5	5,300	4,050	4,280	4,480	4,630

Предельные размеры для метрической резьбы по ОСТ 32. 2-й класс точности (по ОСТ 1251).

мм

Номинальный диаметр резьбы	Шаг резьбы s	Диаметры резьбы болта						Диаметры резьбы гайки				
		Наружный d_0			Внутрен. d_1	Средний $d_{ср}$		Средний $d_{ср}'$		Наружный d_0'	Внутренний d_1'	
		наиб.	наим. класс 2а	наим. класс 2	наиб.	наиб.	наим.	наим.	наиб.	наим.	наим.	наиб.
6	1	6	5,8	5,65	4,701	5,350	5,249	5,350	5,451	6	4,81	5,1
(7)	1	7	6,8	6,65	5,701	6,350	6,249	6,350	6,451	7	5,81	6,1
8	1,25	8	7,8	7,6	6,377	7,188	7,076	7,188	7,300	8	6,51	6,82
(9)	1,25	9	8,8	8,6	7,377	8,188	8,076	8,188	8,300	9	7,51	7,82
10	1,5	10	9,75	9,6	8,051	9,026	8,903	9,026	9,149	10	8,23	8,55
(11)	1,5	11	10,75	10,6	9,051	10,026	9,903	10,026	10,149	11	9,23	9,55
12	1,75	12	11,75	11,55	9,727	10,863	10,730	10,863	10,996	12	9,92	10,28
14	2	14	13,7	13,5	11,402	12,701	12,559	12,701	12,843	14	11,62	12,0
16	2	16	15,7	15,5	13,402	14,701	14,559	14,701	14,843	16	13,62	14,0
18	2,5	18	17,7	17,45	14,753	16,376	16,217	16,376	16,555	18	15,02	15,45
20	2,5	20	19,7	19,45	16,753	18,376	18,217	18,376	18,535	20	17,02	17,45
22	2,5	22	21,7	21,45	18,753	20,376	20,217	20,376	20,535	22	19,02	19,45
24	3	24	23,65	23,4	20,103	22,051	21,877	22,051	22,225	24	20,43	20,89
27	3	27	26,65	26,4	23,103	25,051	24,877	25,051	25,225	27	23,43	23,89
30	3,5	30	29,6	29,35	25,454	27,727	27,539	27,727	27,915	30	25,84	26,36
(33)	3,5	33	32,6	32,35	28,454	30,727	30,539	30,727	30,915	33	28,84	29,36
36	4	36	35,6	35,3	30,804	33,402	33,201	33,402	33,603	36	31,24	31,8
(39)	4	39	38,6	38,3	33,804	36,402	36,201	36,402	36,603	39	34,24	34,8
42	4,5	42	41,55	41,25	36,155	39,077	38,864	39,077	39,290	42	36,64	37,25
(45)	4,5	45	44,55	44,25	39,155	42,077	41,864	42,077	42,290	45	39,64	40,25
48	5	48	47,55	47,25	41,505	44,752	44,527	44,752	44,977	48	42,05	42,71
(52)	5	52	51,55	51,25	45,505	48,752	48,527	48,752	48,977	52	46,05	46,71
56	5,5	56	55,5	55,2	48,855	52,428	52,192	52,428	52,664	56	49,45	50,15
(60)	5,5	60	59,5	59,2	52,855	56,428	56,192	56,428	56,664	60	53,45	54,15
64	6	64	63,5	63,15	56,206	60,103	59,857	60,103	60,349	64	56,85	57,6
(68)	6	68	67,5	67,15	60,206	64,103	63,857	64,103	64,349	68	60,85	61,6

Предельные размеры для метрической резьбы по ОСТ 32.
2-й класс точности
(по ОСТ 1252).

мм

Номинальный диаметр резьбы	Шаг резьбы s	Диаметры резьбы болта					Диаметры резьбы гайки				
		Наружный d_0		Внутрен. d_1	Средний $d_{ср}$		Средний $d_{ср}'$		Наружный d_0'	Внутренний d_1'	
		наиб.	наим.	наиб.	наиб.	наим.	наим.	наиб.	наим.	наим.	наиб.
6	1	6	5,65	4,701	5,350	5,182	5,350	5,518	6	4,81	5,1
(7)	1	7	6,65	5,701	6,350	6,182	6,350	6,518	7	5,81	6,1
8	1,25	8	7,6	6,377	7,188	7,001	7,188	7,375	8	6,51	6,82
(9)	1,25	9	8,6	7,377	8,188	8,001	8,188	8,375	9	7,51	7,82
10	1,5	10	9,6	8,051	9,026	8,821	9,026	9,231	10	8,23	8,55
(11)	1,5	11	10,6	9,051	10,026	9,821	10,026	10,231	11	9,23	9,55
12	1,75	12	11,55	9,727	10,863	10,641	10,863	11,085	12	9,92	10,28
14	2	14	13,5	11,402	12,701	12,461	12,701	12,938	14	11,62	12,0
16	2	16	15,5	13,402	14,701	14,161	14,701	14,938	16	13,62	14,0
18	2,5	18	17,45	14,753	16,376	16,111	16,376	16,641	18	15,02	15,45
20	2,5	20	19,45	16,753	18,376	18,111	18,376	18,641	20	17,02	17,45
22	2,5	22	21,45	18,753	20,376	20,111	20,376	20,641	22	19,02	19,45
24	3	24	23,4	20,103	22,051	21,761	22,051	22,341	24	20,43	20,89
27	3	27	26,4	23,103	25,051	24,761	25,051	25,341	27	23,43	23,89
30	3,5	30	29,35	25,154	27,727	27,414	27,727	28,040	30	25,84	26,36
(33)	3,5	33	32,35	28,454	30,727	30,414	30,727	31,040	33	28,84	29,36
36	4	36	35,3	30,804	33,402	33,067	33,402	33,737	36	31,24	31,8
(39)	4	39	38,3	33,804	36,402	36,067	36,402	36,737	39	34,24	34,8
42	4,5	42	41,25	36,155	39,077	38,722	39,077	39,432	42	36,64	37,25
(45)	4,5	45	44,25	39,155	42,077	41,722	42,077	42,432	45	39,64	40,25
48	5	48	47,25	41,505	44,752	44,377	44,752	45,127	48	42,05	42,71
(52)	5	52	51,25	45,505	48,752	48,377	48,752	49,127	52	46,05	46,71
56	5,5	56	55,2	48,855	52,428	52,035	52,428	52,821	56	49,45	50,15
(60)	5,5	60	59,2	52,855	56,428	56,035	56,428	56,821	60	53,45	54,15
64	6	64	63,15	56,206	60,103	59,693	60,103	60,513	64	56,85	57,6
(68)	6	68	67,15	60,206	64,103	63,693	64,103	64,513	68	60,85	61,6

Допуски для дюймовой резьбы по ОСТ 1260

(по ОСТ 1261—1262).

(См. рис. 190 на стр. 655).

Номинальный диаметр резьбы, дюймы	Число ниток на 1″	Размеры в μ								
		Наружный диаметр болта		Внутренний диаметр болта		Допуски средн. диаметра болта и гайки	Внутренний диаметр гайки		Наружный диаметр гайки	
		Отклонения					Отклонения			
		верхнее $-e'$	нижнее $-e''$	верхнее	нижнее $-f$		нижнее $+e'$	верхнее $+e''$	нижнее	верхнее $+g$
2-й класс точности по ОСТ 1261										
5/16	24	132	392	0	203	103	152	412	0	206
1/4	20	150	450	0	227	113	186	476	0	227
5/16	18	158	458	0	239	119	209	519	0	239
3/8	16	165	465	0	253	127	238	558	0	253
(7/16)	14	182	482	0	271	135	271	611	0	271
1/2	12	200	600	0	292	146	311	661	0	292
(9/16)	12	208	608	0	292	146	313	673	0	292
5/8	11	225	625	0	305	153	342	682	0	305
3/4	10	240	640	0	320	160	372	752	0	320
7/8	9	265	765	0	338	169	419	789	0	338
1	8	290	790	0	358	179	466	866	0	358
1 1/8	7	325	925	0	383	191	531	971	0	383
1 1/4	7	330	930	0	383	191	536	946	0	383
(1 3/8)	6	365	965	0	414	207	626	1096	0	414
1 1/2	6	370	970	0	414	207	631	1071	0	414
(1 5/8)	5	425	1225	0	453	227	750	1230	0	453
1 3/4	5	430	1230	0	453	227	755	1255	0	453
(1 7/8)	4 1/2	475	1275	0	478	239	833	1353	0	478
2	4 1/2	480	1280	0	478	239	838	1378	0	478
2 1/4	4	530	1330	0	507	253	941	1481	0	507
2 1/2	4	530	1330	0	507	253	941	1481	0	507
2 3/4	3 1/2	590	1390	0	541	271	1073	1693	0	541
3	3 1/2	590	1390	0	541	271	1073	1693	0	541
3 1/4	3 1/4	640	1540	0	562	281	1158	1758	0	562
3 1/2	3 1/4	640	1540	0	562	281	1158	1808	0	562
3 3/4	3	700	1600	0	585	292	1251	1941	0	585
4	3	700	1600	0	585	292	1251	1941	0	585
3-й класс точности по ОСТ 1262										
5/16	24	132	392	0	345	172	152	412	0	345
1/4	20	150	450	0	378	189	186	476	0	378
5/16	18	158	458	0	398	199	209	519	0	398
3/8	16	165	465	0	422	211	238	558	0	422
(7/16)	14	182	482	0	448	224	271	611	0	448
1/2	12	200	600	0	487	244	311	661	0	487
(9/16)	12	208	608	0	487	244	313	673	0	487
5/8	11	225	625	0	509	255	342	682	0	509
3/4	10	240	640	0	534	267	372	752	0	534
7/8	9	265	765	0	563	281	419	789	0	563
1	8	290	790	0	597	298	466	866	0	597
1 1/8	7	325	925	0	638	319	531	971	0	638
1 1/4	7	330	930	0	638	319	536	946	0	638
(1 3/8)	6	365	965	0	689	345	626	1096	0	689
1 1/2	6	370	970	0	689	345	631	1071	0	689
(1 5/8)	5	425	1225	0	755	378	750	1230	0	755
1 3/4	5	430	1230	0	755	378	755	1255	0	755
(1 7/8)	4 1/2	475	1275	0	796	398	833	1353	0	796
2	4 1/2	480	1280	0	796	398	838	1378	0	796
2 1/4	4	530	1330	0	844	422	941	1481	0	844
2 1/2	4	530	1330	0	844	422	941	1481	0	844
2 3/4	3 1/2	590	1390	0	902	451	1073	1693	0	902
3	3 1/2	590	1390	0	902	451	1073	1693	0	902
3 1/4	3 1/4	640	1540	0	937	468	1158	1758	0	937
3 1/2	3 1/4	640	1540	0	937	468	1158	1808	0	937
3 3/4	3	700	1600	0	975	487	1251	1941	0	975
4	3	700	1600	0	975	487	1251	1941	0	975

Предельные размеры для дюймовой резьбы по ОСТ 1260.
2-й класс точности
(по ОСТ 1261).

мм

Номинальный диаметр резьбы, дюймы	Число ниток на 1"	Диаметры резьбы									
		Болт					Гайка				
		наружн. d_0		внутр. d_1	средний $d_{ср}$		средний $d_{ср}'$		наружн. d_0'	внутренн. d_1'	
		наиб.	наим.	наиб.	наиб.	наим.	наим.	наиб.	наим.	наим.	наиб.
3/16	24	4,63	4,37	3,408	4,085	3,982	4,085	4,188	4,762	3,56	3,82
1/4	20	6,20	5,90	4,724	5,537	5,424	5,537	5,650	6,350	4,91	5,20
5/16	18	7,78	7,48	6,131	7,034	6,915	7,034	7,153	7,938	6,34	6,65
3/8	16	9,36	9,06	7,492	8,509	8,382	8,509	8,636	9,525	7,73	8,05
(7/16)	14	10,93	10,63	8,789	9,951	9,816	9,951	10,086	11,112	9,06	9,40
1/2	12	12,50	12,10	9,989	11,345	11,199	11,345	11,491	12,700	10,30	10,65
(9/16)	12	14,08	13,68	11,577	12,932	12,786	12,932	13,078	14,288	11,89	12,25
5/8	11	15,65	15,25	12,918	14,397	14,244	14,397	14,550	15,875	13,26	13,60
3/4	10	18,81	18,41	15,798	17,424	17,264	17,424	17,584	19,050	16,17	16,55
7/8	9	21,96	21,46	18,611	20,418	20,249	20,418	20,587	22,225	19,03	19,40
1	8	25,11	24,61	21,334	23,367	23,188	23,367	23,546	25,400	21,80	22,20
1 1/8	7	28,25	27,65	23,929	26,252	26,061	26,252	26,443	28,575	24,46	24,90
1 1/4	7	31,42	30,82	27,104	29,427	29,236	29,427	29,618	31,750	27,64	28,05
(1 3/8)	6	34,56	33,96	29,504	32,215	32,068	32,215	32,422	34,925	30,13	30,60
1 1/2	6	37,73	37,13	32,679	35,390	35,183	35,390	35,597	38,100	33,31	33,75
1 5/8	5	40,85	40,05	34,770	38,022	37,795	38,022	38,249	41,275	35,52	36,00
1 3/4	5	44,02	43,22	37,945	41,198	40,971	41,198	41,425	44,450	38,70	39,20
(1 7/8)	4 1/2	47,15	46,35	40,397	44,011	43,772	44,011	41,250	47,625	41,23	41,75
2	4 1/2	50,32	49,52	43,572	47,186	46,947	47,186	47,425	50,800	44,41	44,95
2 1/4	4	56,62	55,82	49,019	53,084	52,831	53,084	53,337	57,150	49,96	50,50
2 1/2	4	62,97	62,17	55,369	59,434	59,181	59,434	59,687	63,500	56,31	56,85
2 3/4	3 1/2	69,26	68,46	60,557	65,204	64,933	65,204	65,475	69,850	61,63	62,25
3	3 1/2	75,61	74,81	66,907	71,554	71,283	71,554	71,825	76,200	67,98	68,60
3 1/4	3 1/4	81,91	81,01	72,542	77,546	77,265	77,546	77,827	82,550	73,70	74,30
3 1/2	3 1/4	88,26	87,36	78,892	83,896	83,615	83,896	84,177	88,900	80,05	80,70
3 3/4	3	94,55	93,65	84,409	89,829	89,537	89,829	90,121	95,250	85,66	86,35
4	3	100,90	100,00	90,759	96,179	95,887	96,179	96,471	101,600	92,01	92,70

Наименьший внутренний диаметр болта и наибольший наружный *диаметр гайки не устанавливаются и при приемке не контролируются.*

Предельные размеры для дюймовой резьбы по ОСТ 1260.
3-й класс точности
(по ОСТ 1262).

мм

Номинальный диаметр резьбы, дюймы	Число ниток на 1"	Диаметры резьбы									
		Болт					Гайка				
		наружн. d_0		внутр. d_1	средний $d_{ср}$		средний $d_{ср}'$		наружн. d_0'	внутр. d_1'	
		наиб.	наим.	наиб.	наиб.	наим.	наим.	наиб.	наим.	наим.	наиб.
3/16	24	4,63	4,37	3,408	4,085	3,913	4,085	4,257	4,762	3,56	3,82
1/4	20	6,20	5,90	4,724	5,537	5,348	5,537	5,726	6,350	4,91	5,20
5/16	18	7,78	7,48	6,131	7,034	6,835	7,034	7,233	7,938	6,34	6,65
3/8	16	9,36	9,06	7,492	8,509	8,298	8,509	8,720	9,525	7,73	8,05
7/16	14	10,93	10,63	8,789	9,951	9,727	9,951	10,175	11,112	9,06	9,40
1/2	12	12,50	12,10	9,989	11,345	11,101	11,345	11,589	12,700	10,30	10,65
(9/16)	12	14,08	13,68	11,577	12,932	12,688	12,932	13,176	14,288	11,89	12,25
5/8	11	15,65	15,25	12,918	14,397	14,142	14,397	14,652	15,875	13,26	13,60
3/4	10	18,81	18,41	15,798	17,424	17,157	17,424	17,691	19,050	16,17	16,55
7/8	9	21,96	21,46	18,611	20,418	20,137	20,418	20,699	22,225	19,03	19,40
1	8	25,11	24,61	21,334	23,367	23,069	23,367	23,665	25,400	21,80	22,20
1 1/8	7	28,25	27,65	23,929	26,252	25,933	26,252	26,571	28,575	24,46	24,90
1 1/4	7	31,42	30,82	27,104	29,427	29,108	29,427	29,746	31,750	27,64	28,05
(1 3/8)	6	34,56	33,96	29,504	32,215	31,870	32,215	32,560	34,925	30,13	30,60
1 1/2	6	37,73	37,13	32,679	35,390	35,045	35,390	35,735	38,100	33,31	33,75
(1 5/8)	5	40,85	40,05	34,770	38,022	37,644	38,022	38,400	41,275	35,52	36,00
1 3/4	5	44,02	43,22	37,945	41,198	40,820	41,198	41,576	44,450	38,70	39,20
(1 7/8)	4 1/2	47,15	46,35	40,397	44,011	43,613	44,011	44,409	47,625	41,23	41,75
2	4 1/2	50,32	49,52	43,572	47,186	46,788	47,186	47,584	50,800	44,41	44,95
2 1/4	4	56,62	55,82	49,019	53,084	52,662	53,081	53,506	57,150	49,96	50,50
2 1/2	4	62,97	62,17	55,369	59,434	59,012	59,424	59,856	63,500	56,31	56,85
2 3/4	3 1/2	69,26	68,46	60,557	65,204	64,753	65,204	65,655	69,850	61,63	62,25
3	3 1/2	75,61	74,81	66,907	71,554	71,103	71,554	72,005	76,200	67,98	68,60
3 1/4	3 1/4	81,91	81,01	72,542	77,546	77,078	77,546	78,014	82,550	73,70	74,30
3 1/2	3 1/4	88,26	87,36	78,892	83,896	83,428	83,896	84,364	88,900	80,05	80,70
3 3/4	3	94,55	93,65	84,409	89,829	89,342	89,829	90,316	95,250	85,66	86,35
4	3	100,90	100,00	90,759	96,179	95,692	96,179	96,666	101,600	92,01	92,70

Наименьший внутренний диаметр болта и наибольший наружный диаметр гайки не устанавливаются и при приемке не контролируются.

Допуски для метрической резьбы [1]
(по DIN 2244).

Номинальный диаметр d_0 мм	Шаг s мм	Наружный диам. болта d_0 точ. μ	Наружный диам. болта d_0 ср. μ	Наружный диам. болта d_0 гр. μ	Внутренний диам. болта d_1, наружн. диам. гайки d_0' точ. μ	Внутренний диам. болта d_1, наружн. диам. гайки d_0' ср. μ	Внутренний диам. болта d_1, наружн. диам. гайки d_0' гр. μ	Внутр. диам. гайки d_1' т. с. г. μ	Средний диам. болта и гайки $d_{ср}$ точ. μ	Средний диам. болта и гайки $d_{ср}$ ср. μ	Средний диам. болта и гайки $d_{ср}$ гр. μ
1, 1,2	0,25	50	75	126	67	101	168	126	34	50	84
1,4	0,3	55	82	138	73	110	183	138	37	55	92
1,7	0,35	59	89	149	79	119	199	149	40	59	99
2, 2,3	0,4	64	95	158	85	127	212	158	42	64	106
2,6	0,45	67	101	169	90	135	225	169	45	67	112
3	0,5	71	107	177	95	142	237	177	47	71	118
3,5	0,6	78	117	195	104	156	259	195	52	78	130
4	0,7	84	126	210	112	168	280	210	56	84	140
4,5	0,75	87	130	217	116	174	290	217	58	87	145
5	0,8	90	135	225	120	180	300	225	60	90	150
5,5	0,9	95	143	239	127	191	318	239	64	95	159
6,7	1	101	151	251	134	201	335	251	67	101	168
8,9	1,25	112	169	281	150	225	375	281	75	112	187
10, 11	1,5	123	184	307	164	246	410	307	82	123	205
12	1,75	133	199	332	177	266	443	332	88	133	222
14, 16	2	142	214	355	190	284	474	355	95	142	237
18, 20, 22	2,5	159	238	397	212	318	530	397	106	159	265
24, 27	3	174	261	435	232	348	580	435	116	174	290
30, 33	3,5	188	282	470	251	376	627	470	125	188	313
36, 39	4	201	302	502	270	402	670	502	134	201	335
42, 45	4,5	213	319	532	303	426	711	532	142	213	355
48, 52	5	225	337	561	338	449	749	561	150	225	375
56, 60	5,5	236	353	588	372	470	786	588	157	236	393
64 и > [2]	6	246	369	615	405	492	821	615	164	246	410

Номинальный диаметр d мм	Шаг s мм	Шаг точ. ± μ	Шаг сред. ± μ	Шаг груб. ± μ	Полов. угла между сторонами нарезки точ. ± мин	Полов. угла между сторонами нарезки сред. ± мин.	Полов. угла между сторонами нарезки груб. ± мин.	Зазор при вершине нарезки по DIN 13 и 14 [3] μ	Зазор при вершине нарезки наименьш. для всех мл. точ.
1, 1,2	0,25	13	19	32	133	151	254	12	3
1,4	0,3	14	21	35	93	139	232	13	3
1,7	0,35	15	23	38	87	128	214	16	4
2, 2,3	0,4	16	25	41	79	121	201	18	5
2,6	0,45	17	26	43	76	113	189	21	5
3	0,5	18	27	46	71	107	179	22	6
3,5	0,6	20	30	50	66	98	164	27	7
4	0,7	21	32	54	61	91	152	31	8
4,5	0,75	22	34	56	59	88	146	34	9
5	0,8	23	35	58	57	85	142	36	9
5,5	0,9	25	37	61	54	80	134	40	10
6, 7	1	26	39	65	51	77	127	45	11
8, 9	1,25	29	43	72	45	68	113	56	14
10, 11	1,5	31	47	79	41	62	103	68	17
12	1,75	34	51	86	38	58	96	78	20
14, 16	2	37	55	92	36	54	90	90	23
18, 20, 22	2,5	40	61	100	32	48	80	112	28
24, 27	3	44	67	110	29	44	73	135	34
30, 33	3,5	48	72	120	27	41	68	158	40
36, 39	4	51	78	128	25	38	64	180	45
42, 45	4,5	54	82	136	24	36	60	202	51
48, 52	5	57	87	143	23	34	57	225	56
56, 60	5,5	60	91	150	22	32	54	248	62
64 и > [2]	6	63	95	157	21	31	52	270	68

[1]) *Таблица не соответствует современному состоянию вопроса о допусках, ввиду вносимых DIN корректив в DIN 2244, еще не утвержденных окончательно (более новые данные о допусках для резьбы по DIN см., стр. 672—677). Она помещена вследствие интереса, который представляют выделенные из общего допуска на $d_{ср}$ допуски на шаг и половину угла между сторонами нарезки.*

[2]) *Допуски для $d_{ср}$ для диаметров, больших 64, предполагается увеличить по сравнению с указанными в таблице.*

[3]) Соответствует ОСТ 94 и 32.

Предельные значения для метрической резьбы для точных допусков, 1 класс точности

(по DIN 13 и 14, приложение 2-е, предварительная норма[1]).

мм

Номинальн. диаметр d	Шаг s	Болт: Наружный диаметр d_o наиб.[2]	Болт: Наружный диаметр d_o наим.	Болт: Средний диаметр d_{cp} наиб.[2]	Болт: Средний диаметр d_{cp} наим.	Болт: Внутренний диаметр d_i наиб.	Болт: Внутренний диаметр d_i наим.	Гайка: Наруж. диам d_o' [1] наим.	Гайка: Средний диаметр d_{cp}' наим.[2]	Гайка: Средний диаметр d_{cp}' наиб.	Гайка: Внутренний диаметр d_i' наим	Гайка: Внутренний диаметр d_i' наиб.
1	0,25	1	0,950	0,838	0,804	0,676	0,608	1	0,838	0,872	0,710	0,736
1,2	0,25	1,2	1,150	1,038	1,004	0,876	0,808	1,2	1,038	1,072	0,910	0,996
1,4	0,3	1,4	1,350	1,205	1,163	1,010	0,936	1,4	1,205	1,242	1,047	1,140
1,7	0,35	1,7	1,650	1,473	1,433	1,246	1,166	1,7	1,473	1,513	1,286	1,388
2	0,4	2	1,950	1,740	1,698	1,480	1,396	2	1,740	1,782	1,522	1,630
2,3	0,4	2,3	2,250	2,040	1,998	1,780	1,696	2,3	2,040	2,082	1,822	1,930
2,6	0,45	2,6	2,550	2,308	2,263	2,016	1,926	2,6	2,308	2,353	2,061	2,186
3	0,5	3	2,950	2,675	2,628	2,350	2,256	3	2,675	2,722	2,397	2,530
3,5	0,6	3,5	3,420	3,110	3,058	2,720	2,616	3,5	3,110	3,162	2,772	2,920
4	0,7	4	3,920	3,545	3,489	3,090	2,978	4	3,545	3,601	3,146	3,300
4,5	0,75	4,5	4,420	4,013	3,955	3,526	3,410	4,5	4,013	4,071	3,584	3,756
5	0,8	5	4,920	4,480	4,420	3,960	3,840	5	4,480	4,540	4,020	4,200
5,5	0,9	5,5	5,420	4,915	4,851	4,330	4,202	5,5	4,915	4,979	4,394	4,590
6	1	6	5,920	5,350	5,283	4,700	4,566	6	5,350	5,417	4,767	5,000
7	1	7	6,900	6,350	6,283	5,700	5,566	7	6,350	6,417	5,767	6,000
8	1,25	8	7,900	7,188	7,113	6,376	6,226	8	7,188	7,263	6,451	6,726
9	1,25	9	8,900	8,188	8,113	7,376	7,226	9	8,188	8,263	7,451	7,726
10	1,5	10	9,900	9,026	8,944	8,052	7,888	10	9,026	9,108	8,134	8,432
11	1,5	11	10,900	10,026	9,944	9,052	8,888	11	10,026	10,108	9,134	9,432
12	1,75	12	11,900	10,863	10,775	9,726	9,550	12	10,863	10,951	9,814	10,146
14	2	14	13,900	12,701	12,606	11,402	11,212	14	12,701	12,796	11,497	11,862
16	2	16	15,900	14,701	14,606	13,402	13,212	16	14,701	14,796	13,497	13,862
18	2,5	18	17,900	16,376	16,270	14,752	14,540	18	16,376	16,482	14,858	15,282
20	2,5	20	19,850	18,376	18,270	16,752	16,540	20	18,376	18,482	16,858	17,282
22	2,5	22	21,850	20,376	20,270	18,752	18,540	22	20,376	20,482	18,858	19,282
24	3	24	23,850	22,051	21,935	20,102	19,870	24	22,051	22,167	20,218	20,702
27	3	27	26,850	25,051	24,935	23,102	22,870	27	25,051	25,167	23,218	23,702
30	3,5	30	29,850	27,727	27,602	25,454	25,204	30	27,727	27,852	25,579	26,124
33	3,5	33	32,850	30,727	30,602	28,454	28,204	33	30,727	30,852	28,579	29,124
36	4	36	35,850	33,402	33,266	30,804	30,536	36	33,402	33,536	30,938	31,534
39	4	39	38,850	36,402	36,266	33,804	33,536	39	36,402	36,536	33,938	34,534
42	4,5	42	41,850	39,077	38,935	36,154	35,870	42	39,077	39,219	36,296	36,954
45	4,5	45	44,850	42,077	41,935	39,154	38,870	45	42,077	42,219	39,296	39,954
48	5	48	47,850	44,752	44,602	41,504	41,204	48	44,752	44,902	41,654	42,374
52	5	52	51,800	48,752	48,602	45,504	45,204	52	48,752	48,902	45,654	46,374
56	5,5	56	55,800	52,428	52,271	48,856	48,542	56	52,428	52,585	49,013	49,796
60	5,5	60	59,800	56,428	56,271	52,856	52,542	60	56,428	56,585	53,013	53,796
64	6	64	63,800	60,103	59,939	56,206	55,878	64	60,103	60,267	56,370	57,176
68	6	68	67,800	64,103	63,939	60,206	59,878	68	64,103	64,267	60,370	61,176
72	6	72	71,800	68,103	67,939	64,206	63,878	72	68,103	68,267	64,370	65,176
76	6	76	75,800	72,103	71,939	68,206	67,878	76	72,103	72,267	68,370	69,176
80	6	80	79,800	76,103	75,939	72,206	71,878	80	76,103	76,267	72,370	73,176
84	6	84	83,800	80,103	79,930	76,206	75,860	84	80,103	80,276	76,379	77,216
89	6	89	88,800	85,103	84,930	81,206	80,860	89	85,103	85,276	81,379	82,216
94	6	94	93,800	90,103	89,930	86,206	85,860	94	90,103	90,276	86,379	87,216
99	6	99	98,800	95,103	94,930	91,206	90,860	99	95,103	95,276	91,379	92,216
104	6	104	103,800	100,103	99,930	96,206	95,860	104	100,103	100,276	96,379	97,216
109	6	109	108,800	105,103	104,930	101,206	100,860	109	105,103	105,276	101,379	102,216
114	6	114	113,800	110,103	109,930	106,206	105,860	114	110,103	110,276	106,379	107,216
119	6	119	118,800	115,103	114,930	111,206	110,860	119	115,103	115,276	111,379	112,216
124	6	124	123,750	120,103	119,920	116,206	115,840	124	120,103	120,286	116,389	117,256
129	6	129	128,750	125,103	124,920	121,206	120,840	129	125,103	125,286	121,389	122,256
134	6	134	133,750	130,103	129,920	126,206	125,840	134	130,103	130,286	126,389	127,256
139	6	139	138,750	135,103	134,920	131,206	130,840	139	135,103	135,286	131,389	132,256
144	6	144	143,750	140,103	139,920	136,206	135,840	144	140,103	140,286	136,389	137,256
149	6	149	148,750	145,103	144,920	141,206	140,840	149	145,103	145,286	141,389	142,256

[1] Наибольший предельный размер наружного диаметра гайки d_o' у DIN не установлен.
[2] Эти величины совпадают с размерами теоретического профиля по DIN 13 и 14.

Предельные значения для дюймовой резьбы по системе Витворта для точных допусков.

1-й класс точности

(по DIN 11, приложение 2-е, предварительная норма).

мм

Номинальный диаметр d дюймы	Число ниток за 1"	Болт: Наружн. диаметр d_0 Наиб.	Болт: Наружн. диаметр d_0 Наим.	Болт: Средний диаметр $d_{ср}$ Наиб.[1]	Болт: Средний диаметр $d_{ср}$ Наим.	Болт: Внутр. диаметр d_1 Наиб.[2]	Болт: Внутр. диаметр d_1 Наим.	Гайка: Наружн. диаметр d_0' [1] Наим.[2]	Гайка: Средний диаметр $d_{ср}'$ Наим.[2]	Гайка: Средний диаметр $d_{ср}'$ Наиб.	Гайка: Внутр. диаметр d_1' Наим.	Гайка: Внутр. диаметр d_1' Наиб.
1/4	20	6,330	6,200	5,537	5,461	4,724	4,572	6,350	5,537	5,613	4,820	5,104
5/16	18	7,918	7,800	7,034	6,954	6,131	5,971	7,938	7,034	7,114	6,231	6,531
3/8	16	9,505	9,400	8,509	8,425	7,492	7,324	9,525	8,509	8,593	7,596	7,912
7/16	14	11,093	10,900	9,951	9,861	8,789	8,609	11,113	9,951	10,041	8,899	9,229
1/2	12	12,675	12,500	11,345	11,248	9,990	9,796	12,700	11,345	11,442	10,112	10,460
9/16	11	15,846	15,700	14,397	14,295	12,918	12,714	15,876	14,397	14,499	13,050	13,428
3/4	10	19,018	18,850	17,424	17,317	15,798	15,584	19,051	17,424	17,531	15,938	16,348
7/8	9	22,190	21,950	20,419	20,306	18,611	18,385	22,226	20,419	20,532	18,760	19,201
1	8	25,361	25,150	23,368	23,249	21,335	21,097	25,401	23,368	23,487	21,494	21,965
1 1/8	7	28,529	28,350	26,253	26,125	23,929	23,673	28,576	26,253	26,381	24,104	24,629
1 1/4	7	31,704	31,550	29,428	29,300	27,104	26,848	31,751	29,428	29,556	27,279	27,804
1 3/8	6	34,873	34,650	32,215	32,077	29,505	29,229	34,926	32,215	32,353	29,696	30,275
1 1/2	6	38,048	37,850	35,391	35,253	32,680	32,404	38,101	35,391	35,529	32,871	33,450
1 5/8	5	41,214	41,050	38,024	37,873	34,771	34,469	41,277	38,024	38,175	34,985	35 611
1 3/4	5	44.389	44.150	41,199	41,048	37,946	37,644	44,452	41,199	41,350	38,160	38,786
1 7/8	4 1/2	47,557	47,350	44,012	43,853	40,398	40,080	47 627	44,012	44,171	40,627	41,308
2	4 1/2	50,732	50,500	47,187	47,028	43,573	43,255	50,802	47,187	47,346	43,802	44,483
2 1/4	4	57,072	56.800	53,086	52,917	49,020	48,682	57,152	53,086	53,255	49,269	50,030
2 1/2	4	63,422	63,200	59,436	59,267	55,370	55,032	63,502	59,436	59,605	55,619	56,380
2 3/4	3 1/2	69.763	69,500	65,205	65,025	60,558	60,198	69,853	65,205	65,385	60,828	61,668
3	3 1/2	76,113	75,900	71,556	71 376	66,909	66,549	76,203	71,556	71,736	67,179	68,019
3 1/4	3 1/4	82,456	82,200	77,548	77,361	72,544	72,170	82,553	77,548	77,735	72,828	73,754
3 1/2	3 1/4	88,806	88,600	83,899	83,712	78,894	78,520	88,903	83,899	84,086	79,178	80.104
3 3/4	3	95.151	94,900	89,832	89,637	84,410	84,020	95,254	89,832	90,027	84,708	85,690
4	3	101,501	101.300	96,182	95,987	90,760	90,370	101,604	96,182	96,377	91,058	92,040
4 1/4	2 7/8	107,844	107,600	102.297	102,098	96,639	96.241	107,954	102,297	102.496	96,948	97.979
4 1/2	2 7/8	114,194	113,900	108 647	108,448	102,990	102,592	114,304	108,647	108,846	103,299	104.330
4 3/4	2 3/4	120,542	120,250	114,740	114,536	108 825	108,417	120,655	114,740	114,944	109,142	110,225
5	2 3/4	126.892	126,550	121 090	120,886	115,176	114,768	127.005	121,090	121,294	115 493	116,576
5 1/4	2 5/8	133,235	132,950	127 159	126,951	120,963	120,547	133,355	127,159	127,367	121,291	122,433
5 1/2	2 5/8	139,585	139 250	133,509	133,301	127,313	126,897	139,705	133,509	133,717	127,641	128,783
5 3/4	2 1/2	145,928	145,600	139,549	139,335	133,043	132,615	146,055	139,549	139,763	133,384	134,573
6	2 1/2	152,279	151,950	145,900	145,686	139,394	138,966	152,406	145,900	146,114	139,735	140,924

[1]) Наибольший предельный размер наружного диаметра гайки d_0' у DIN не установлен.
[2]) *Эти величины совпадают с размерами теоретического профиля* по DIN 11.

Предельные значения для метрической резьбы для средних и грубых допусков. 2-й и 3-й классы точности

(по DIN 13 и 14, приложение 4-е).

мм

Номинальный диаметр d	Шаг s	Болт: Наружный диаметр d_0 наиб.[2]	Болт: Наружный диаметр d_0 наим.	Болт: Средний диаметр $d_{ср}$ наиб.[2]	Болт: Средний диаметр $d_{ср}$ наименьший, сред.	Болт: Средний диаметр $d_{ср}$ наименьший, груб.	Болт: Внутренний диаметр d_1 наиб.	Болт: Внутренний диаметр d_1 наим.	Гайка: Наружн. диам. d_0' [1] наим.	Гайка: Средний диамер $d_{ср}'$ наим.[2]	Гайка: Средний диамер $d_{ср}'$ наибольший, сред.	Гайка: Средний диамер $d_{ср}'$ наибольший, груб.	Гайка: Внутренний диаметр d_1' наим.	Гайка: Внутренний диаметр d_1' наиб.
2	0,4	2	1,900	1,740	1,676	—	1,480	1,310	2	1,740	1,804	—	1,480	1,630
2,3	0,4	2,3	2,200	2,040	1,976	—	1,780	1,610	2,3	2,040	2,104	—	1,780	1,930
2,6	0,45	2,6	2,500	2,308	2,241	—	2,016	1,837	2,6	2,308	2,375	—	2,016	2,186
3	0,5	3	2,890	2,675	2,604	—	2,350	2,161	3	2,675	2,746	—	2,350	2,530
3,5	0,6	3,5	3,380	3,110	3,032	—	2,720	2,522	3,5	3,110	3,188	—	2,720	2,920
4	0,7	4	3,870	3,545	3,46	—	3,090	2,866	4	3,545	3,629	—	3,090	3,300
4,5	0,75	4,5	4,360	4,013	3,926	—	3,526	3,294	4,5	4,013	4,100	—	3,526	3,756
5	0,8	5	4,700	4,480	4,390	4,330	3,960	3,720	5	4,480	4,570	4,630	3,960	4,260
5,5	0,9	5,5	5,150	4,915	4,820	4,756	4,330	4,076	5,5	4,915	5,010	5,074	4,330	4,660
6	1	6	5,650	5,350	5,249	5,182	4,700	4,431	6	5,350	5,451	5,518	4,700	5,080
7	1	7	6,650	6,350	6,249	6,182	5,700	5,431	7	6,350	6,451	6,518	5,700	6,080
8	1,25	8	7,600	7,188	7,075	7,001	6,376	6,077	8	7,188	7,300	7,375	6,376	6,826
9	1,25	9	8,600	8,188	8,076	8,001	7,376	7,077	9	8,188	8,300	8,375	7,376	7,826
10	1,5	10	9,600	9,026	8,903	8,821	8,052	7,724	10	9,026	9,149	9,231	8,052	8,552
11	1,5	11	10,600	10,026	9,903	9,821	9,052	8,724	11	10,026	10,149	10,231	9,052	9,552
12	1,75	12	11,500	11,863	10,730	10,641	9,726	9,371	12	10,863	10,996	11,085	9,726	10,276
14	2	14	13,500	12,701	12,559	12,464	11,402	11,023	14	12,701	12,843	12,938	11,402	12,002
16	2	16	15,500	14,701	14,559	14,464	13,402	13,023	16	14,701	14,843	14,938	13,402	14,002
18	2,5	18	17,500	16,376	16,217	16,111	14,752	14,328	18	16,376	16,535	16,641	14,752	15,452

20	2,5	20	19,500	18,376	18,217	18,111	16,752	16,328	20	18,376	18,535	18,641	16,752	17,452
22	2,5	22	21,500	20,376	20,217	20,111	18,752	18,328	22	20,376	20,535	20,641	18,752	19,452
24	3	24	23,400	22,051	21,877	21,761	20,102	19,638	24	22,051	22,225	22,341	20,102	20,902
27	3	27	26,400	25,051	24,877	24,761	23,102	22,638	27	25,051	25,225	25,341	23,102	23,902
30	3,5	30	29,300	27,727	27,539	27,414	25,454	24,953	30	27,727	27,915	28,040	25,454	26,354
33	3,5	33	32,200	30,727	30,539	30 414	28,454	27,953	33	30,727	30,915	31,040	28,454	29,354
36	4	36	35,200	33,402	33,201	33,067	30,804	30,268	36	33,402	33,603	33,737	30,804	31,804
39	4	39	38,200	36,402	36,201	36,067	33,804	33,268	39	36,402	36,603	36,737	33,804	34,804
42	4,5	42	41,000	39,077	38,864	38,722	36,154	35,586	42	39,077	39,290	39,432	36,154	37,254
45	4,5	45	44,000	42,077	41,846	41,722	39,154	38,586	45	42,077	42,290	42,432	39,154	40,254
48	5	48	47,000	44,752	44,527	44,377	41,504	40,904	48	44,752	44,977	45,127	41,504	42,704
52	5	52	51,000	48,752	48,527	48,377	45,504	44,904	52	48,752	48,977	49,127	45,504	46,704
56	5,5	56	55,000	52,428	52,192	52,035	48,856	48,227	56	52,428	52,664	52,821	48,856	50,156
60	5,5	60	59,000	56,428	56,192	56,035	52,856	52,227	60	56,428	56,664	56,821	52,856	54,156
64	6	64	63,000	60,103	59,857	59,693	56,206	55,550	64	60,103	60,349	60,513	56,206	57,556
68	6	68	67,000	64,103	63,857	63,693	60,206	59,550	68	64,103	64,349	64,513	60,206	61,556
72	6	72	70,900	68,103	67,857	67,693	64,206	63,550	72	68,103	68,349	68,513	64,206	65,556
76	6	76	74,900	72,103	71,857	71,693	68,206	67,550	76	72,103	72,349	72,513	68,206	69,556
80	6	80	78,900	76,103	75,857	75,693	72,206	71,550	80	76,103	76,349	76,513	72,206	73,556
84	6	84	82,900	80,103	79,841	79,668	76,206	75,509	84	80,103	80,365	80,538	76,206	77,606
89	6	89	87,800	85,103	84,841	84,668	81,206	80,509	89	85,103	85,365	85,538	81,206	82,606
94	6	94	92,800	90,103	89,841	89,668	86,206	85,509	94	90,103	90,365	90,538	86,206	87,606
99	6	99	97,800	95,103	94,841	94,668	91,206	90,509	99	95,103	95,365	95,538	91,206	92,606
104	6	104	102,800	100,103	99,841	99,668	96,206	95,509	104	100,103	100,365	100,538	96,206	97,606
109	6	109	107,800	105,103	104,841	104,668	101,206	100,509	109	105,103	105,365	105,538	101,206	102,606
114	6	114	112,800	110,103	109,841	109,668	106,206	105,509	114	110,103	110,365	110,538	106,206	107,606
119	6	119	117,700	115,103	114,841	114,668	111,206	110,509	119	115,103	115,365	115,538	111,206	112,606
124	6	124	122,700	120,103	119,825	119,641	116,206	115,466	124	120,103	120,381	120,565	116,206	117,656
129	6	129	127,600	125,103	124,825	124,641	121,206	120,466	129	125,103	125,381	125,565	121,206	122,656
134	6	134	132,600	130,103	129,825	129,641	126,206	125,466	134	130,103	130,381	130,565	126,206	127,656
139	6	139	137,600	135,103	134,825	134,641	131,206	130,466	139	135,103	135,381	135,565	131,206	132,656
144	6	144	142,600	140,103	139,825	139,641	136,206	135,466	144	140,103	140,381	140,565	136,206	137,656
149	6	149	147,600	145,103	144,825	144,641	141,206	140,466	149	145,103	145,381	145,565	141,206	142,656

[1]) Наибольший предельный размер наружного диаметра гайки d_a' у DIN не установлен.
[2]) Эти величины совпадают с размерами теоретического профиля по DIN 13 и 14.

Предельные значения для дюймовой резьбы по системе Витворта для
(по DIN 11, приложе

мм

Номинальный диам. d дюймы	Число ниток на 1″	Болт				
		Наружн. диам. d_0		Средний диаметр d_{c0}		
		наиб.	наим.	наиб. [2]	наименьший	
					средн.	груб.
$^1/_4$	20	6,370	6,000	5,537	5,424	5,348
$^5/_{16}$	18	7,918	7,600	7,034	6,915	6,835
$^3/_8$	16	9,505	9,150	8,509	8,382	8,298
$^7/_{16}$	14	11,093	10,700	9,951	9,816	9,727
$^1/_2$	12	12,675	12,200	11,345	11,199	11,101
$^5/_8$	11	15,846	15,400	14,397	14,244	14,142
$^3/_4$	10	19,018	18,500	17,424	17,264	17,157
$^7/_8$	9	22,190	21,600	20,419	20,250	20,138
1	8	25,361	24,800	23,368	23,189	23,070
$1^1/_8$	7	28 529	27,900	26,253	26,062	25,934
$1^1/_4$	7	31,704	31,000	29,428	29,237	29,109
$1^3/_8$	6	34,873	34,100	32,215	32,008	31,870
$1^1/_2$	6	38,048	37,300	35,391	35,184	35,046
$1^5/_8$	5	41,214	40,300	38,024	37,797	37,646
$1^3/_4$	5	44,389	43,500	41,199	40,972	40,821
$1^7/_8$	$4^1/_2$	47,557	46,600	44,012	43,773	43,614
1	$4^1/_2$	50,732	49,800	47,187	46 948	46,789
$2^1/_4$	4	57,072	56,200	53,086	52,833	52,664
$2^1/_2$	4	63,422	62,500	59,436	59,183	59,014
$2^3/_4$	$3^1/_2$	69,763	68,800	65,205	64,934	64,754
3	$3^1/_2$	76,113	75,100	71,556	71,285	71,105
$3^1/_4$	$3^1/_4$	82,456	81,400	77,548	77,267	77,080
$3^1/_2$	$3^1/_4$	88,806	87,700	83,899	83,618	83,431
$3^3/_4$	3	95,151	94,100	89,832	89,540	89,345
4	3	101,501	100,400	96,182	95,890	95,695
$4^1/_4$	$2^7/_8$	107,844	106,700	102,297	101,998	101,799
$4^1/_2$	$2^7/_8$	114,194	113,000	108,647	108,348	108,149
$4^3/_4$	$2^3/_4$	120,542	119,300	114,740	114,435	114, 31
5	$2^3/_4$	126,892	125,600	121,090	120,785	120,581
$5^1/_4$	$2^5/_8$	133,235	132,000	127,159	126,846	126,638
$5^1/_2$	$2^5/_8$	139,585	138,300	133,509	133,196	132,988
$5^3/_4$	$2^1/_2$	145,928	144,700	139,549	139,229	139,015
6	$2^1/_2$	152,279	151,000	145,900	145,580	145,366

[1]) Наибольший предельный размер наружного диаметра гайки d_0' у DIN не установлен.
[2]) Эти величины совпадают с размерами теоретического профиля по DIN 11.
Для удобности болтов по среднему, наружному и внутреннему диаметрам по DIN существовой скобы в одном из положений болта по отношению к скобе пропускает болт, в трех же

средних и грубых допусков. 2-й и 8-й класс точности
ние 4-е).

Внутр. диаметр d_1		Гайка					
		Наружн. диам. d_0 [1])	Средний диаметр $d_{ср}'$			Внутр. диам. d_1'	
				наибольший			
наиб. [2])	наим.	наим. [2])	наим. [2])	средн.	груб.	наим.	наиб.
4,724	4,422	6,350	5,537	5,650	5,726	4,744	5,224
6,131	5,813	7,938	7,034	7,153	7,233	6,151	6,661
7,492	7,154	9,525	8,509	8,636	8,720	7,512	8,052
8,789	8,430	11,113	9,951	10,086	10,175	8,869	9,379
9,990	9,600	12,700	11,345	11,491	11,589	10,015	10,610
12,918	12,510	15,876	14,397	14,550	14,652	12,948	13,598
15,798	15,371	19,051	17,424	17,584	17,691	15,831	16,538
18,611	18,161	22,226	20,419	20,588	20,700	18,647	19,411
21,335	20,858	25,401	23,368	23,547	23,666	21,375	22,185
23,929	23,419	28,576	26,253	26,444	26,572	23,976	24,879
27,104	26,594	31,751	29,428	29,619	29,747	27,151	28,054
29,505	28,953	34,926	32,215	32,422	32,560	29,558	30,555
32,680	32,128	38,101	35,391	35,598	35,736	32,733	33,730
34,771	34,166	41,277	38,024	38,251	38,402	34 831	35,921
37,946	37,341	44,452	41,199	41,426	41,577	38,059	39,096
40,398	39,761	47,627	44,012	44,251	44.410	40,468	41,648
43,573	42,996	50,802	47,187	47,426	47,585	43,643	44,823
49,020	48,345	57,152	53,083	53,339	53,508	49,100	50,410
55,370	54,695	63,502	59,436	59,689	59,858	55 450	56,770
60,558	59,838	69,853	65,205	65,476	65,656	60,648	62,108
66,909	66,187	76,203	71,556	71,827	72,007	66,999	68,459
72,544	71,795	82,553	77,548	77,829	78,016	72,641	74,244
78,894	78,145	88,903	83,899	84,180	84,367	78,991	80,594
84,410	83,631	95,254	89,832	90,124	90,319	84,513	86,210
90,760	89,981	101,604	96,182	96,474	96,669	90,863	92,560
96,6 9	95,842	107,954	102,297	102,596	102,795	96,749	98,539
102,990	102,193	114,304	108,647	108,946	109,145	103,100	104,810
108,825	108,011	120,655	114,740	115,045	115 249	108,938	110,825
115,176	114,362	127,005	121,090	121,395	121,599	115,289	117,176
120,963	120,129	133,355	127,159	127,472	127,680	121,083	123,063
127,313	126,479	139,705	133,509	133,822	134,030	127,433	129,413
133,043	132,189	146,055	139,549	139,869	140,083	133,170	135,243
139,394	138,540	152,406	145,900	146,220	146,434	139,521	141,594

ставет правило: болт не должен быть забракован, если непроходная сторона гладкой или резь. других положениях, смещенных относительно друг друга на 45°, не пропускает болта.

Номинальн. диам. d дюймы	Наружный диаметр d_0 мм	Число ниток на 1" n	Шаг s мм	Длина ввинчивания мм					
				DIN 11	DIN 2999	DIN 431	DIN 934	Практич.	Принята
1/8	9,729	28	0,907	3,5	8	6	6	8— 9,5	8
1/4	13,158	19	1,337	6,0	9	6	11	7—11,8	9
3/8	16,663	19	1,337	6,0	11	6	13	8—19,3	11
1/2	20,956	14	1,814	9,5	14	8	16	11—16	14
5/8	22,912	14	1,184	9,5	14	8	18	—	14
3/4	26,442	14	1,814	9,5	16	10	20	14—19,1	16
7/8	30,202	14	1,814	9,5	16	10	22	—	16
1	33,250	11	2,309	13	19	11	25	14—22	19
1 1/8	37.898	11	2,309	13	—	11	30	—	19
1 1/4	41,912	11	2,309	13	21	13	32	16—25	21
1 3/8	44,325	11	2,309	13	—	—	35	—	21
1 1/2	47,805	11	2,309	13	21	13	38	19—26,3	21
1 3/4	53,748	11	2,309	13	24	14	40	—	24
2	59,616	11	2,309	13	24	14	50	21—28,8	24
2 1/4	65,712	11	2,309	13	27	16	50	—	27
2 1/2	75,187	11	2,309	13	27	16	60	27— 32	27
2 3/4	81,537	11	2,309	13	30	19	65	—	30
3	87,887	11	2,309	13	30	19	70	30—35	30
3 1/4	93,984	11	2,309	13	—	—	75	—	32
3 1/2	100,334	11	2,309	13	32	19	80	32—38,8	32
3 3/4	106,684	11	2,309	13	—	—	85	—	34
4	113,034	11	2,309	13	36	22	90	36—42	36
4 1/2	125,735	11	2,309	13	36	22	100	—	36
5	138,435	11	2,309	13	38	22	110	—	38
5 1/2	151,136	11	2,309	13	40	25	115	—	40
6	163,836	11	2,309	13	42	25	—	—	42

[1]) Трубная резьба по DIN 259 соответствует трубной резьбе по ОСТ 266.
Таблица представляет собой проект допусков, составленный проф. G. Berndt Die deutschen Gewindetoleranzen, стр. 161).

резьбы (по DIN 259) [1]).

меры в μ).

Верхнее отклонение от d_0 —	Нижнее отклонение от d_1' +	Нижнее отклонение от d_0 —	Нижнее отклонение от d_1 —	Верхнее отклонение от d_1 —	Нижнее отклонение от $d_{ср}$ — Верхнее отклонение от $d_{ср}$ +		Высота нарезки t_1 мм	Наименьш. высота нарезки t' мм	$\frac{t'}{t_1}$ %
					2-й класс	3-й класс			
50	100	250	352	350	133	219	0,581	0,281	48
55	110	275	365	390	137	228	0,856	0.523	61
55	110	275	395	390	148	247	0,856	0,523	61
60	120	300	426	420	161	265	0,162	0,802	69
60	120	300	426	420	161	265	1,162	0,802	69
65	130	325	426	450	161	265	1,162	0,774	67
65	130	325	460	450	174	286	1,162	0,774	67
7	140	350	514	500	193	321	1,479	1,054	71
70	140	350	514	500	193	321	1,479	1,054	71
70	140	350	514	500	193	321	1,479	1,054	71
70	140	350	514	500	193	321	1,479	1,054	71
75	150	375	514	500	193	321	1,479	1,016	69
75	150	375	594	550	224	370	1,479	1,016	69
75	150	375	594	550	224	370	1,479	1,016	69
80	160	400	594	600	224	370	1,479	0,979	66
80	160	400	594	600	224	370	1,479	0,979	66
80	160	400	676	600	255	421	1,479	0,979	66
85	170	425	676	650	255	421	1,479	0,941	64
85	170	425	676	650	255	421	1,479	0,941	64
85	170	425	676	.650	255	421	1,479	0,941	64
90	180	450	676	700	255	421	1,479	0,904	61
90	180	450	716	700	270	446	1,479	0,904	61
90	180	450	759	700	286	473	1,479	0,904	61
95	190	475	759	750	286	473	1,479	0,866	59
95	190	475	759	750	286	473	1,479	0,866	59
100	200	500	759	750	286	473	1,479	0,866	59

6. СИСТЕМА ПРЕДЕЛЬНЫХ КАЛИБРОВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ РЕЗЬБЫ.

Проект системы резьбовых калибров для СССР, предлагаемый в качестве проекта (Промст. Инстр. 60) приведен в виде таблицы на стр. 682—683. В числе трех групп калибров, упомянутых в таблице, предлагаются — в виде отдельной группы — установочные калибры, представляющие собою резьбовые пробки с полным профилем нарезки, предназначаемые для установки резьбовых регулируемых колец (проходного и непроходного).

Проверка резьбы гаек. Для проверки резьбы гайки DIN предполагает ввести следующие мерительные инструменты:

Рис. 192.

1. Проходная резьбовая пробка (рис. 192) с полным теоретическим профилем нарезки. Средний диаметр резьбы пробки равен наименьшему предельному среднему диаметру гайки; наружный диаметр равен наименьшему предельному наружному диаметру гайки; внутренний диаметр должен быть меньше, но в пределе равен теоретическому внутреннему диаметру резьбы гайки. Проходная резьбовая пробка должна ввинчиваться в испытуемую гайку на длину диаметра резьбы. Для всех классов точности применяется одна и та же проходная резьбовая пробка.

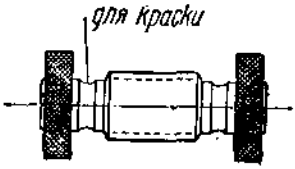


Рис. 193.

2. Предельная гладкая пробка, диаметры которой равны наименьшему и наибольшему предельным значениям внутреннего диаметра гайки. Предельная гладкая пробка нужна, потому что проходная резьбовая пробка не проверяет внутренний диаметр резьбы гайки.

3. Установочная резьбовая пробка (рис. 193), служащая для проверки среднего диаметра проходной резьбовой пробки, находится ли он в пределах допустимого износа. Средний диаметр резьбы установочной резьбовой пробки равен среднему диаметру резьбы проходной резьбовой пробки при ее наибольшем допустимом износе.

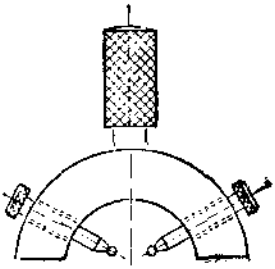


Рис. 194.

4. Кронциркуль или скоба с шаровыми наконечниками (рис. 194), служащие для сравнения размеров среднего диаметра резьбы установочной резьбовой пробки с соответственным размером проходной резьбовой пробки. Шаровые наконечники кронциркуля устанавливаются по установочной пробке. Чтобы ошибка угла между сторонами нарезки не сказалась на промере, шаровые наконечники должны прикасаться к сторонам нарезки по возможности ближе к их середине. Приведенная ниже таблица, разработанная DIN, дает для резьб метрической и дюймовой наивыгоднейшие диаметры наконечников.

5. Контрольная гладкая односторонняя скоба, служащая для проверки, находится ли наружный диаметр нарезки проходной резьбовой пробки в пределах допустимого износа. Размер этого ин-

Диаметры шариков (наконечников для кронциркулей), касающихся сторон нарезок вблизи от их середины

Диам. шарика *мм*	Метрическая резьба диаметры в *мм*							Дюймовая резьба диаметры в дюймах			
0,16	1	1,2	1,4								
0,22	1,7	2	2,3	(2,6)							
0,30	2,6	3	3,5								
0,43	4	4,5	5	(5,5)							
0,55		5,5	6	7							
0,78	8	9	10	11				1/4"	5/16"		
0,98	10	11	12	(14)	(16)			3/8"	7/16"		
1,30	14	16	18	20	22			1/2"	5/8"	3/4"	
1,70	18	20	22	24	27	30	33	7/8"	1"		
2,20	30	33	36	39	42	45		1 1/8"	1 1/4"	1 3/8"	1 1/2"
2,90	42	45	48	52				1 5/8"	1 3/4"	1 7/8"	2"

струмента равен наименьшему предельному значению наружного диаметра нарезки проходной резьбовой пробки при наибольшем допустимом *износе*.

6. Непроходная резьбовая пробка (рис. 195), служащая для проверки, не выходит ли средний диаметр резьбы гайки за пределы допустимого. Эта пробка состоит лишь из двух нарезок (по Промст. из 2,5—3 нарезок), так как служит только для проверки среднего диаметра резьбы гайки. У нарезки калибра обычно срезается вершина и делается узкое основание, чтобы *этими* элементами нарезки не внести неясность в результат браковки. По аналогичной причине (чтобы устранить влияние ошибки шага) пробка делается только с двумя витками. Длина мерительной поверхности *l* (*рис. 197*) *для резьб большого диаметра делается равной* $\frac{1}{3}$ длины стороны нарезки, а у резьб меньшего диаметра (с шагом до 1 *мм*) равной полной длине стороны нарезки. Средний диаметр пробки равен наибольшему предельному значению среднего диаметра резьбы гайки. Браковочная пробка не должна ввинчиваться в гайку. *Для каждого* класса точности (для каждой резьбы) требуется отдельная браковочная пробка.

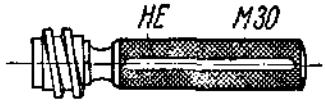


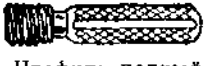
Рис. 195.

Промстандарт (Инстр. 100) рекомендует применять профиль нарезок *браковочной стороны пробок для метрической резьбы* в соответствии с рис. 196 и 197. У калибров с шагом до 1,5 *мм* (применительно к рис. 196) не делается выточки, указанной на рис. 197, относящемся к резьбе с шагом выше 1,5 *мм*. Размер *l* (рис. 197) не делается меньше 0,5 *мм*. Внутренний диаметр резьбы пробки по рис. 197 может выполняться по 4-му классу точности; наибольший предельный внутренний диаметр совпадает с теоретическим внутренним диаметром гайки (d_1'). Допуски по среднему и внутреннему диаметрам, шагу и углу между сторонами

Калибры для

Типы калибров

(по Промст. Ин

Классификация калибров			Проверка наружной резьбы	
Наименование калибров	Сторона калибра	Обозначение	Средний диаметр	Наружный диаметр
Рабочие калибры	Проходная	Р — ПР	Кольца глухие регулируемые Профиль полный (можно заменить универсальн. скобами соотв. точности)	Скоба предельная гладкая
	Непроходн.	Р — НЕ	То же, что и для проходной стороны. Профиль укороченный	
(Контрольные калибры) контркалибры	Проходная	КИ	Пробка резьбовая для контроля износа рабочего калибра Профиль укороченный	
	Непроходн.	КИ — НЕ	Пробка резьбовая для контроля износа рабочего калибра  Профиль полный	
Установочные калибры	Проходная	У — ПР	Установочн. пробка для регулир. колец для установки скоб Профиль полный	—
	Непроходн.	У — НЕ	То же, что и для проходной стороны Профиль полный	—

роверки резьбы.
их назначение
стр. 60.

(болта)	*Проверка внутренней резьбы (гайки)*		
Внутренний диаметр	Средний диаметр	Наружный диаметр	Внутренний диаметр
Проверяется тем же кольцом, что и для среднего диаметра	**Пробка** Профиль полный ↓ ↑	Проверяется той же пробкой, что и для среднего диаметра	Пробка предельная, гладкая
Не проверяется	Профиль укороченный	Не проверяется	
—	Кольцо глухое Профиль укороченный Контркалибр не обязателен	—	
—	Кольцо глухое Профиль полный Контркалибр не обязателен	—	
—	—		
—	—	—	—

нарезки — см. Промст. 95—98, стр. 691—694. Профиль нарезок браковочных калибров для резьб с шагом меньшим 1,0 *мм* не отличается от профиля нарезок проходных пробок.

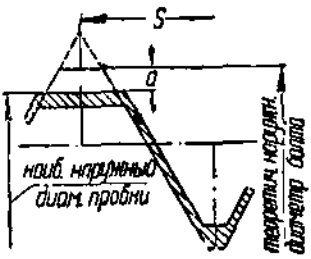


Рис. 196.

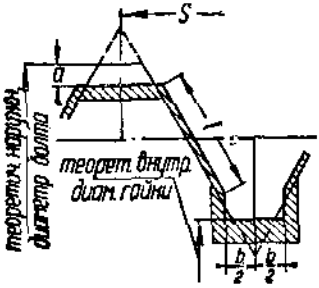


Рис. 197.

Метрическая резьба (пробки).

мм

Шаг s	Срез a	Выточка $\frac{b}{2}$
1,00	0,10	—
1,25	0,15	—
1,5	0,15	$0{,}18^{+0{,}03}$
1,75	0,20	$0{,}23^{+0{,}03}$
2,00	0,25	$0{,}28^{+0{,}03}$
2,5	0,35	$0{,}38^{+0{,}03}$
3,0	0,45	$0{,}48^{+0{,}03}$
3,5	0,55	$0{,}58^{+0{,}03}$
4,0	0,65	$0{,}68^{+0{,}03}$
4,5	0,75	$0{,}78^{+0{,}03}$
5,0	0,[illegible]0	$0{,}88^{+0{,}03}$
5,5	1,05	$0{,}98^{+0{,}03}$
6,0	1,2	$1{,}08^{+0{,}03}$

Профиль нарезок браковочных пробок для дюймовой резьбы (по ОСТ 1260) делается аналогичным рис. 197. Основные размеры a и $\frac{b}{2}$ для метрической резьбы приведены слева в табличке. Значения для a и $\frac{b}{2}$ для дюймовой резьбы приведены на стр. 685.

Описанный выше укороченный профиль нарезки применяется как для рабочих непроходных калибров, так и для контркалибров для проходной стороны.

Проверка резьбы винтов по DIN. Для проверки резьбы винтов DIN предполагает ввести следующий мерительный инструмент. В зависимости от применения при промерах резьбовой скобы или резьбового кольца устанавливаются два разных набора калибров. Преимущества при промере каждым из этих инструментов (скобой или кольцом) до сих пор еще окончательно не установлены и нуждаются в дальнейшем выяснении на практике.

А. Калибры для проверки винтов при помощи резьбового кольца.

1. Проходное резьбовое кольцо с полным профилем нарезки. Средний диаметр резьбы кольца равен наибольшему предельному значению среднего диаметра винта. Внутренний диаметр равен наибольшему предельному значению внутреннего диаметра винта. Наружный диаметр делается больше теоретического наружного диаметра резьбы (в нижнем пределе равняется этому диаметру); поэтому для проверки наружного диаметра винта необходима скоба.

2. Гладкая предельная скоба. Один из размеров ее равен наибольшему, другой равен наименьшему предельным значениям наружного диаметра резьбы винта. К проходному резьбовому кольцу должны прилагаться следующие пробки.

Дюймовая резьба (пробки).

Число ниток на 1″	Срез a	Выточка $\frac{b}{2}$	Число ниток на 1″	Срез a	Выточка $\frac{b}{2}$
20	0,100	$0{,}18^{+0{,}03}$	8	0,600	$0{,}54^{+0{,}03}$
18	0,169	$0{,}19^{+0{,}03}$	7	0,138	$0{,}64^{+0{,}03}$
16	0,213	$0{,}22^{+0{,}03}$	6	0,863	$0{,}75^{+0{,}03}$
14	0,281	$0{,}26^{+0{,}03}$	5	1,038	$0{,}95^{+0{,}03}$
12	0,350	$0{,}33^{+0{,}03}$	$4^1/_2$	1,213	$1{,}08^{+0{,}03}$
11	0,388	$0{,}36^{+0{,}03}$	4	1,315	$1{,}23^{+0{,}03}$
10	0,425	$0{,}41^{+0{,}03}$	$3^1/_2$	1,625	$1{,}43^{+0{,}03}$
9	0,512	$0{,}46^{+0{,}03}$			

3. Контрольная резьбовая пробка с полным профилем нарезки для проверки проходного резьбового кольца. Ее средний диаметр равен номинальному среднему диаметру кольца; ее наружный диаметр равен наибольшему предельному размеру наружного диаметра винта.

4. Гладкая предельная пробка для проверки внутреннего диаметра резьбы кольца.

5. Контрольная резьбовая пробка с двумя витками нарезки, профиль которой срезан при вершине и у основания — для контроля износа резьбового кольца; ее средний диаметр равен наибольшему предельному среднему диаметру изношенного резьбового кольца. Если пробка входит в кольцо, то это служит признаком, что износ кольца достиг недопустимых размеров.

6. Контрольная гладкая односторонняя пробка для проверки износа внутреннего диаметра кольца; ее диаметр равен наибольшему допустимому внутреннему диаметру изношенного резьбового кольца.

7. Установочная резьбовая пробка, служащая вместо браковочного резьбового кольца для проверки, не выходит ли средний диаметр винта за пределы допустимого. Средний диаметр установочной пробки равен наименьшему предельному среднему диаметру гайки. Установочная резьбовая пробка служит только для установки кронциркуля или скобы.

Взамен установочной резьбовой пробки (по которой устанавливается непроходная скоба для проверки среднего диаметра винта) возможно применение непроходных резьбовых колец с укороченным профилем нарезки. Промстандарт (Инстр. 101) предлагает для метрической резьбы профиль, изображенный на рис. 198 (для шага до 1,5 *мм*) и рис. 199 (для шага свыше 1,5 *мм*). При этом наименьший наружный диаметр резьбы кольца совпадает с теоретическим наружным диаметром болта. Наибольший наружный диаметр кольца применительно к рис. 199 опреде-

ляется допуском по 4-му классу точности. Допуски по среднему и внутреннему диаметру, шагу и половине угла — см. Промст. 96 и 98 (стр. 692 и 694).

Ниже приводится табличка основных размеров a и $\frac{b}{2}$ для резьбовых колец для метрической и дюймовой резьбы (применительно к рис. 198—199).

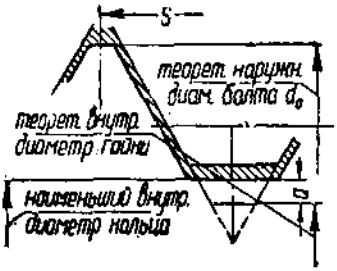


Рис. 198.

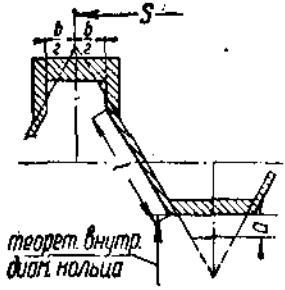


Рис. 199.

Метрическая резьба (кольца).

Шаг s	a	$\frac{b}{2}$	Шаг s	a	$\frac{b}{2}$	Шаг s	a	$\frac{b}{2}$
0,25	0,017	—	0,80	0,0445	—	3,0	0,45	$0{,}48^{+0{,}03}$
0,30	0,020	—	1,0	0,10	—	3,5	0,55	$0{,}58^{+0{,}03}$
0,35	0,022	—	1,25	0,15	—	4,0	0,65	$0{,}68^{+0{,}03}$
0,40	0,025	—	1,5	0,15	$0{,}18^{+0{,}03}$	4,5	0,75	$0{,}78^{+0{,}03}$
0,45	0,027	—	1,75	0,20	$0{,}23^{+0{,}03}$	5,0	0,90	$0{,}88^{+0{,}03}$
0,50	0,030	—	2,0	0,25	$0{,}28^{+0{,}03}$	5,5	1,05	$0{,}98^{+0{,}03}$
0,60	0,035	—	2,5	0,35	$0{,}38^{+0{,}03}$	6,0	1,20	$1{,}08^{+0{,}03}$
0,70	0,0395	—						

Дюймовая резьба (кольца).

Число ниток на 1″	a	$\frac{b}{2}$	Число ниток на 1″	a	$\frac{b}{2}$	Число ниток на 1″	a	$\frac{b}{2}$
20	0,100	$0{,}18^{+0{,}03}$	11	0,388	$0{,}36^{+0{,}03}$	6	0,863	$0{,}76^{+0{,}03}$
18	0,169	$0{,}19^{+0{,}03}$	10	0,425	$0{,}41^{+0{,}03}$	5	1,038	$0{,}95^{+0{,}03}$
16	0,213	$0{,}22^{+0{,}03}$	9	0,512	$0{,}46^{+0{,}03}$	$4^1/_2$	1,213	$1{,}08^{+0{,}03}$
14	0,281	$0{,}26^{+0{,}03}$	8	0,600	$0{,}54^{+0{,}03}$	4	1,375	$1{,}23^{+0{,}03}$
12	0,350	$0{,}33^{+0{,}03}$	7	0,738	$0{,}64^{+0{,}03}$	$3^1/_2$	1,625	$1{,}43^{+0{,}03}$

8. Кронциркуль с шаровыми наконечниками или скоба служат для проверки среднего диаметра винта. Если кронциркуль или скоба проходят через винт, последний должен быть забракован.

9. Предельная скоба с коническими наконечниками служит для браковки винта по его внутреннему диаметру.

Б. Калибры для проверки винтов при помощи резьбовых предельных скоб.

Для проверки резьбы болтов в последние годы получили широкое применение вместо резьбовых гаек скобы двух типов: 1) с роликами (рис. 200 и 201) и 2) с пластинчатыми насадками (рис. 202).

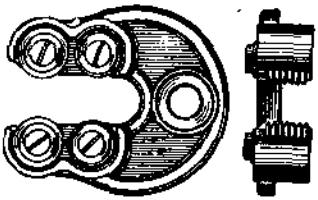


Рис. 200.

1. Резьбовая предельная скоба для проверки среднего диаметра резьбовых винтов (рис. 200 и 202).

2. Установочная резьбовая пробка для установки проходной стороны резьбовой предельной скобы. Она снабжена двумя витками нарезки; средний диаметр резьбы равен наибольшему предельному размеру среднего диаметра винта; по наружному и внутреннему диаметру нарезка срезана таким образом, чтобы эти ее элементы при установке участия не принимали. Профиль нарезки аналогичен рис. 196—197.

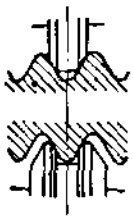


Рис. 201.

3. Установочная резьбовая пробка для установки браковочной стороны резьбовой предельной скобы. Она снабжена полным профилем нарезки; средний диаметр резьбы равен предельному наименьшему среднему диаметру винта.

4. Гладкая пробка или концевые калибры для контроля износа внутреннего диаметра резьбы проходной части резьбовой скобы.

5. Контрольная резьбовая пробка с двумя витками нарезки с полным профилем, служащая для контроля износа наружного диаметра резьбы проходной части скобы (если последняя служит также и для промера наружного диаметра резьбы винта); наружный диаметр резьбы контрольной резьбовой пробки равняется наибольшему допустимому наружному диаметру резьбы скобы в изношенном состоянии.

6. Предельная гладкая скоба применяется, если наружный диаметр резьбы резьбовой предельной скобы равен или больше теоретического наружного диаметра резьбы, т. е. если резьбовая скоба не предназначена для контроля наружного диаметра резьбы винта. Размеры гладкой скобы соответствуют наименьшему и наибольшему пределам наружного диаметра резьбы винта.

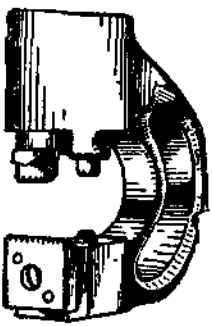


Рис. 202.

7. Скоба с коническими насадками (рис. 203) служит для проверки внутреннего диаметра резьбы винта, не превосходит ли d_1 предельный наибольший допустимый размер.

Непредельные (нормальные) резьбовые калибры. Применявшиеся и еще большей частью применяемые до настоящего времени непредель-

ные (нормальные) резьбовые калибры отличаются от предельных тем, что нормальные резьбовые пробка и кольцо в неизношенном состоянии всегда свинчиваются друг с другом. Для достижения этого резьбовые кольца пригоняются к пробкам; поэтому от различных резьбовых пробок и колец нельзя требовать взаимозаменяемости. Чтобы обеспечить одинаковые размеры колец при их изготовлении, рекомендуется подгонять их (при помощи притиров) всегда к одной и той же пробке; такую эталонную пробку следует специальным образом заклеймить, чтобы не смешать ее с рабочими пробками. Размеры непредельных резьбовых пробок и колец можно брать по таблице для проходных резьбовых пробок и колец. Внутренний диаметр резьбы пробки и наружный диаметр резьбы кольца изготовляются первый меньше, второй — больше соответствующих номинальных размеров резьбы; при такой форме профиля таким образом нельзя проверить правильность внутреннего диаметра гайки и наружного диаметра винта, которые проверяются отдельно гладкой пробкой и скобой.

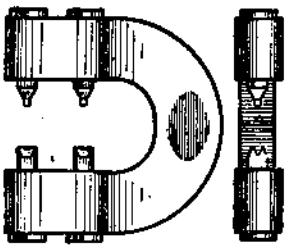


Рис. 203

Размеры парных резьбовых калибров по среднему диаметру—пробки и кольца—обычно отличаются друг от друга, так как ошибка шага s и угла α между сторонами нарезки делает необходимым различие между $d_{ср}$ и $d_{ср}'$, чтобы обеспечить свинчиваемость. Измерения резьбовой пробки и кольца, плотно свинчивавшихся друг с другом, для ∅ 25,4 *мм* показало разницу $d_{ср}' - d_{ср} = 24$ микрона. Если же исключить влияние ошибок s и α на величину $d_{ср}$ (величину s и α как на болте, так и на гайке можно измерить), то оказывается возможным свинчивать друг с другом пробку и кольцо при $d_{ср} - d_{ср}' = 10$ микрон, то есть при среднем диаметре болта большем, чем средний диаметр гайки. Это явление повидимому, подобно описанному ниже для гладких калибров (см. т. II). В среднем же можно принимать что $d_{ср}'$ гайки на 10 — 15 микрон больше $d_{ср}$ болта (при плотно свинчивающихся парный пробке и кольце).

7. ДОПУСКИ НА ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ИЗНОС РЕЗЬБОВЫХ КАЛИБРОВ

Резьбовые калибры для всех трех классов точности резьб изготовляются по одним и тем же допускам. Величины допусков на неточность изготовления и на износ резьбовых калибров по Промстандарт 95—88 по состоянию вопроса на январь 1933 г. приведены на стр. 691—694.

На рис. 204 изображена схема расположения полей допусков для среднего диаметра по Промстандарт. Условные обозначения схемы:

Р—ПР—рабочий проходной калибр, Р—НЕ—рабочий непроходной калибр, КИ—контркалибр для проверки износа проходного калибра, КИ—НЕ—контркалибр для проверки износа непроходного калибра, У—ПР—установочная пробка для установки проходных регулируемых колец и скоб, У—НЕ—установочная пробка для установки непроходных регулируемых колец и скоб [1]). В качестве примера на схемах расположения

[1]) КП и КИ—НЕ—для проходной и непроходной пробки по Промстандарт № 94 не обязательны.

допусков указаны цифровые значения отдельных элементов резьбы для резьбы ∅ 12 *мм* по 2-му классу точности.

На рис. 205 изображена схема расположения допусков на наружный диаметр резьбовой пробки, предназначенной для проверки резьбы гайки.

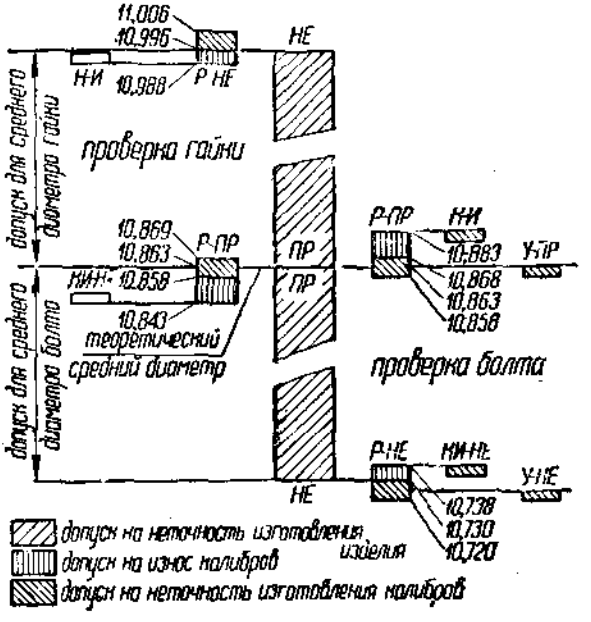


Рис. 204.

На рис. 206 изображена схема расположения допусков на внутренний диаметр резьбового кольца.

Величины допусков на неточность изготовления и на износ резь-

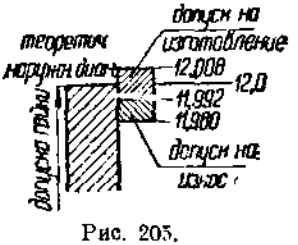


Рис. 205.

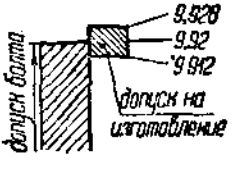


Рис. 206.

бовых калибров соответственно DIN, по состоянию вопроса на 1932 г. приведены на стр. 695 — 702. На рис. 207 и 208 изображены схемы расположения допусков на изготовление и износ пробок для метрической резьбы (рис. 207) и резьбы Витворта (рис. 208) по DIN 11 применительно к таблицам на стр. 695—702

Указанная схема расположения допусков на изготовление и износ резьбовых калибров отличается от прежней немецкой системы в том отношении, что по прежней системе проходные резьбовые кольца

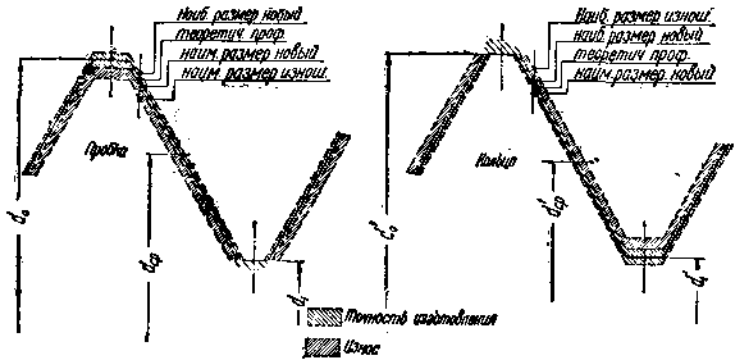


Рис. 207.

и пробки, даже и при их наибольшем допустимом износе, нельзя было свинтить друг с другом, вследствие припусков по среднему диаметру на эти калибры. Такие припуски раньше считалось необходимым делать

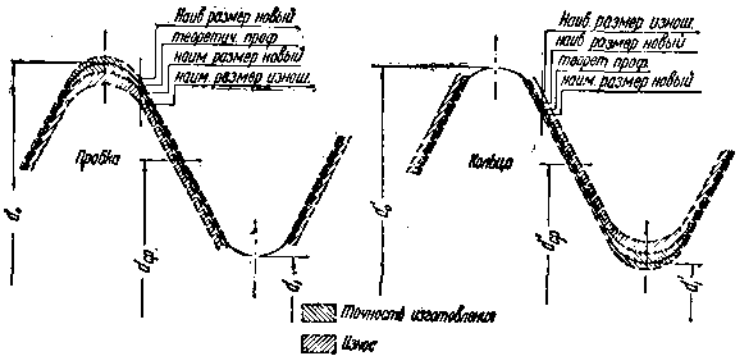


Рис. 208.

с целью компенсировать средним диаметром ошибки угла между сторонами нарезки и шага самих калибров, так как считалось, что в противном случае эти ошибки могли бы повести к неправильным результатам при браковке.

В настоящее время в Германии находят возможным отказаться от этих припусков с целью несколько облегчить изготовление деталей и сделать более плотной посадку.

Допуски на неточность изготовления и износ резьбовых рабочих пробок
(по Промст. Инстр. 95)
(размеры в μ).

Номинальный диам. резьбы d мм	Шаг s мм	Проходная пробка: Наружн. диам. отклонен. верх. +	Наружн. диам. отклонен. ниж. —	Наружн. диам. износ.	Наружн. диам. неточность	Средний диам. отклонен. верх. +	Средний диам. отклонен. ниж. —	Средний диам. износ.	Средний диам. неточность	Полов. угла между стор. нарез. мин. ±	Шаг прох. и непрох. ±	Непроходная пробка: Средний диаметр отклонен. верх. +	Средний диаметр отклонен. ниж.	Средний диаметр износ.	Средний диаметр неточность	Полов. угла между стор. нарез. мин. ±	Наружн. диам. отклон. верх.	Наружн. диам. отклон. ниж. —	Наружн. диам. неточность
1; 1,2	0,25	6	6	16	12	4	4	16	8	30	5	—	—	—	—	—	—	—	—
1,4	0,30	6	6	16	12	4	4	16	8	30	5	—	—	—	—	—	—	—	—
1,7	0,35	6	6	16	12	4	4	16	8	28	5	—	—	—	—	—	—	—	—
2; 2,3	0,40	6	6	16	12	4	4	16	8	26	5	8	0	6	8	26	0	25	25
2,6	0,45	6	6	16	12	4	4	16	8	24	5	8	0	6	8	24	0	25	25
3	0,50	6	6	16	12	4	4	16	8	22	5	8	0	6	8	22	0	25	25
(3,5)	0,6	6	6	16	12	4	4	16	8	20	5	8	0	6	8	20	0	25	25
4	0,7	6	6	16	12	4	4	16	8	18	5	8	0	6	8	18	0	25	25
5	0,8	6	6	16	12	4	4	16	8	16	5	8	0	6	8	16	0	25	25
6; (7)	1	6	6	16	12	4	4	16	8	14	7	8	0	6	8	14	0	30	30
8, (9)	1,25	8	8	20	16	5	5	20	10	13	7	10	0	8	10	14	0	30	30
10; (11)	1,5	8	8	20	16	5	5	20	10	12	7	10	0	8	10	14	0	35	35
12	1,75	8	8	20	16	5	5	20	10	11	7	10	0	8	10	13	0	35	35
14; 16	2,0	8	8	20	16	5	5	20	10	10	7	10	0	8	10	13	0	35	35
18; 20; 22	2,5	8	8	20	16	5	5	20	10	9	7	10	0	8	10	13	0	45	45
24; 27	3,0	8	8	20	16	5	5	20	10	9	10	10	0	8	10	12	0	45	45
30;(33)	3,5	10	10	25	20	7	7	25	14	9	10	14	0	10	14	12	0	50	50
36;(39)	4,0	10	10	25	20	7	7	25	14	8	10	14	0	10	14	11	0	50	50
42;(45)	4,5	10	10	25	20	7	7	25	14	8	10	14	0	10	14	11	0	50	50
48;(52)	5,0	10	10	25	20	7	7	25	14	8	10	14	0	10	14	11	0	60	60
56;(60)	5,5	10	10	25	20	7	7	25	14	8	10	14	0	10	14	10	0	60	60
64;(68)	6,0	10	10	25	20	7	7	25	14	8	10	14	0	10	14	10	0	60	60

Допуски на неточность изготовления и износ резьбовых рабочих колец нерегулируемых
(по Промст. Инстр. 96)
(размеры в μ).

Номинальный диам. резьбы d мм	Шаг s мм	Проходное кольцо (Р—ПР)								Шаг прох. и непрох.	Непроходное кольцо (Р—НЕ)							
		Внутрен. диам.			Средний диам.				Половина угла между сторон. нарез. мин.		Средний диам.				Половина угла между сторон. нарез. мин.	Внутр. диам.		
		отклон.		неточность	отклонен.			неточность			отклонен.			неточность		отклон.		неточность
		верх. +	ниж. —		верх. +	ниж. —	износ.				верх.	ниж. —	износ.			верх. +	ниж.	
1; 1,2	0,25	6	6	12	4	4	16	8	30	5	—	—	—	—	—	—	—	—
1,4	0,30	6	6	12	4	4	16	8	30	5	—	—	—	—	—	—	—	—
1,7	0,35	6	6	12	4	4	16	8	28	5	—	—	—	—	—	—	—	—
2; 2,3	0,40	6	6	12	4	4	16	8	26	5	0	8	6	8	26	25	0	25
2,6	0,45	6	6	12	4	4	16	8	24	5	0	8	6	8	24	25	0	25
3	0,50	6	6	12	4	4	16	8	22	5	0	8	6	8	22	25	0	25
(3,5)	0,6	6	6	12	4	4	16	8	20	5	0	8	6	8	20	25	0	25
4	0,7	6	6	12	4	4	16	8	18	5	0	8	6	8	18	25	0	25
5	0,8	6	6	12	4	4	16	8	16	5	0	8	6	8	16	25	0	25
6; (7)	1,0	6	6	12	4	4	16	8	14	7	0	8	6	8	14	30	0	30
8; (9)	1,25	8	8	16	5	5	20	10	13	7	0	10	8	10	14	30	0	30
10; (11)	1,5	8	8	16	5	5	20	10	12	7	0	10	8	10	14	35	0	35
12	1,75	8	8	16	5	5	20	10	11	7	0	10	8	10	13	35	0	35
14; 16	2,0	8	8	16	5	5	20	10	10	7	0	10	8	10	13	35	0	35
18; 20; 22	2,5	8	8	16	5	5	20	10	9	7	0	10	8	10	13	45	0	45
24; 27	3,0	8	8	16	5	5	20	10	9	10	0	10	8	10	12	45	0	45
30; (33)	3,5	10	10	20	7	7	25	14	9	10	0	14	10	14	12	50	0	50
36; (39)	4,0	10	10	20	7	7	25	14	8	10	0	14	10	14	11	50	0	50
42; (45)	4,5	10	10	20	7	7	25	14	8	10	0	14	10	14	11	50	0	50
48; (52)	5,0	10	10	20	7	7	25	14	8	10	0	14	10	14	11	60	0	60
56; (60)	5,5	10	10	20	7	7	25	14	8	10	0	14	10	14	10	60	0	60
64; (68)	6,0	10	10	20	7	7	25	14	8	10	0	14	10	14	10	60	0	60

Допуски на неточность изготовления контр-калибров пробок (КИ и КИ—НЕ).
(по Промст. Инстр. 97)
(размеры в μ).

Номин. диам. резьбы *d мм*	Шаг *s мм*	Контр-калибр. пробка к проходн. кольцу: Наружн. диам. отклон. верх. +	Наружн. диам. отклон. ниж. —	Наружн. диам. неточность	Средн. диам. отклон. верх. +	Средн. диам. отклон. ниж. +	Средн. диам. неточность	Шаг ±	Половина угла между сторон. нарез. мин. ±	Контр-калибр. пробка к непрох. кольцу: Наружн. диам. отклон. верх. +	Наружн. диам. отклон. ниж. —	Наружн. диам. неточность	Средн. диам. отклон. верх. +	Средн. диам. отклон. ниж. +	Средн. диам. неточность	Шаг ±	Половина угла между сторон. нарез. мин. ±
1; 1,2	0,25	0	25	25	16	12	4	4	30	—	—	—	—	—	—	—	—
1,4	0 30	0	25	25	16	12	4	4	30	—	—	—	—	—	—	—	—
1,7	0,35	0	25	25	16	12	4	4	28	—	—	—	—	—	—	—	—
2; 2,3	0,40	0	25	25	16	12	4	4	26	0	60	60	6	2	4	4	26
2,6	0,45	0	25	25	16	12	4	4	24	0	60	60	6	2	4	4	24
3	0,50	0	25	25	16	12	4	4	22	0	60	60	6	2	4	4	22
(3,5)	0,60	0	25	25	16	12	4	4	20	0	80	80	6	2	4	4	20
4	0,70	0	25	25	16	12	4	4	18	0	80	80	6	2	4	4	18
5	0,80	0	25	25	16	12	4	4	16	0	80	80	6	2	4	4	16
6; (7)	1,0	0	30	30	16	12	4	6	14	0	30	30	8	2	6	6	14
8; (9)	1,25	0	30	30	20	14	6	6	14	0	30	30	8	2	6	6	13
10; (11)	1,50	0	35	35	20	14	6	6	14	0	35	35	8	2	6	6	12
12	1,75	0	35	35	20	14	6	6	13	0	35	35	8	2	6	6	11
14; 16	2,0	0	35	35	20	14	6	6	13	0	35	35	8	2	6	6	10
18; 20; 22	2,5	0	45	45	20	14	6	6	13	0	45	45	8	2	6	6	9
24; 27	3,0	0	45	45	20	14	6	8	12	0	45	45	8	2	8	8	9
30; (33)	3,5	0	50	50	25	17	8	8	12	0	50	50	10	2	8	8	9
36; (39)	4,0	0	50	50	25	17	8	8	11	0	50	50	10	2	8	8	8
42; (45)	4,5	0	50	50	25	17	8	8	11	0	50	50	10	2	8	8	8
48; (52)	5,0	0	60	60	25	17	8	8	11	0	60	60	10	2	8	8	8
56; (60)	5,5	0	60	60	25	17	8	8	10	0	60	60	10	2	8	8	8
64; (68)	6,0	0	60	60	25	17	8	8	10	0	60	60	10	2	8	8	8

Допуски на неточность изготовления контр-калибров колец КИ и КИ—НЕ).

(по Промст. Инстр. 98)

(размеры в μ).

Номин. диам. резьбы d мм	Шаг s мм	Контр-калибр, кольцо к прох. пробке								Контр-калибр, кольцо к непрох. пробке							
		Внутр. диам.			Средн. диам.			Шаг ±	Половина угла между стор. нарезки ± мин.	Внутр. диам.			Средн. диам.			Шаг ±	Половина угла между стор. нарезки ± мин.
		отклон.		неточность	отклон.		неточность			отклон.		неточность	отклон.		неточность		
		верх. +	ниж.		верх —	ниж —				верх. +	ниж.		верх. —	ниж. —			
1; 1,2	0,25	25	0	25	12	16	4	4	30	—	—	—	—	—	—	—	—
1,4	0,30	25	0	25	12	16	4	4	30	—	—	—	—	—	—	—	—
1,7	0,35	25	0	25	12	16	4	4	28	—	—	—	—	—	—	—	—
2; 2,3	0,40	25	0	25	12	16	4	4	26	25	0	25	2	6	4	4	26
2,6	0,45	25	0	25	12	16	4	4	24	25	0	25	2	6	4	4	24
3	0,50	25	0	25	12	16	4	4	22	25	0	25	2	6	4	4	22
(3,5)	0,60	25	0	25	12	16	4	4	20	25	0	25	2	6	4	4	20
4	0,70	25	0	25	12	16	4	4	18	25	0	25	2	6	4	4	18
5	0,80	25	0	25	12	16	4	4	16	25	0	25	2	6	4	4	16
6; (7)	1,0	30	0	30	12	16	4	6	14	30	0	30	2	6	4	6	14
8; (9)	1,25	30	0	30	14	20	6	6	14	30	0	30	2	8	6	6	13
10; (11)	1,50	35	0	35	14	20	6	6	14	35	0	35	2	8	6	6	12
12	1,75	35	0	35	14	20	6	6	13	35	0	35	2	8	6	6	11
14; 16	2,0	35	0	35	14	20	6	6	13	35	0	35	2	8	6	6	10
18; 20; 22	2,5	45	0	45	14	20	6	6	13	45	0	45	2	8	6	6	9
24; 27	3,0	45	0	45	14	20	6	8	12	45	0	45	2	8	6	8	9
30; (33)	3,5	50	0	50	17	25	8	8	12	50	0	50	2	10	8	8	9
36; (39)	4,0	50	0	50	17	25	8	8	11	50	0	50	2	10	8	8	8
42; (45)	4,5	50	0	50	17	25	8	8	11	50	0	50	2	10	8	8	8
48; (52)	5,0	60	0	60	17	25	8	8	11	60	0	60	2	10	8	8	8
56; (60)	5,5	60	0	60	17	25	8	8	10	60	0	60	2	10	8	8	8
64; (68)	6,0	60	0	60	17	25	8	8	10	60	0	60	2	10	8	8	8

Допуски на средний диаметр, шаг и угол должны быть выдержаны каждый в отдельности, в указанных пределах.
Контр-калибры для поверки проходных пробок должны иметь $2^1/_2$ — 5 витка и укороченный профиль по Промст. 101 (см. стр. 686).

Допуски на изготовление и износ резьбовых калибров для метрической резьбы

(по DIN 13 и 14. приложение 5-е, изд. 1930 г.)

(см. рис. 207 на стр. 690)

(размеры в μ).

Номинальн. диаметр d мм	Шаг s мм	Проходная сторона: Наружн. диам. резьбы пробки (Внутр. диам. резьбы кольца) — отклонения — новый — верхн. +(−)	нижн. −(+)	изношенный −(−)	допуск на неточность	Средн. диам. резьбы пробки (Средн. диам. резьбы кольца) — отклонения — новый — верхн. +(−)	н. жн. −(+)	изношенный −(+)	допуск на неточность	Половина угла между сторонами нарезки $\frac{1}{2}\alpha \pm$ мин. — пробки ± мин.	резьбовые скобы[1]) + мин.	шаг s ±[2])	Непроходн. стор.: Средн. диам. пробки — отклонения — верхн. +	нижн.	Половина угла между сторонами нарезки $\frac{1}{2}\alpha \pm$ мин. — пробки ± мин	резьбовые скобы + мин.	Длина (рис. 187) укороченной стороны нарезки непроходного калибра мм
2; 2,3	0,4	6	6	16	12	4	4	16	8	26	52	4	8	0	26	52	0,3
2,6	0,45	6	6	16	12	4	4	16	8	24	48	4	8	0	24	48	0,34
3	0,5	6	6	16	12	4	4	16	8	22	44	4	8	0	22	44	0,38
3,5	0,6	6	6	16	12	4	4	16	8	20	39	4	8	0	20	39	0,45
4	0,7	6	6	16	12	4	4	16	8	18	35	4	8	0	18	35	0,53
4,5	0,75	6	6	16	12	4	4	16	8	17	34	4	8	0	17	34	0,56
5	0,8	6	6	16	12	4	4	16	8	16	32	4	8	0	16	32	0,6
5,5	0,9	6	6	16	12	4	4	16	8	15	30	4	8	0	16	32	0,6
6; 7	1,0	6	6	16	12	4	4	16	8	14	28	4	8	0	15	30	0,65
8; 9	1,25	6	6	16	12	4	4	16	8	13	25	4	8	0	15	30	0,7
10; 11	1,5	8	8	20	16	5	5	20	10	12	23	4	10	0	14	28	0,75
12	1,75	8	8	20	16	5	5	20	10	11	21	4	10	0	14	27	0,8
14; 16	2	8	8	20	16	5	5	20	10	10	20	5	10	0	13	26	0,85
18—22	2,5	8	8	20	16	5	5	20	10	9	18	5	10	0	13	25	0,9
24; 27	3	8	8	20	16	5	5	20	10	9	17	5	10	0	12	24	1
30; 33	3,5	8	8	20	16	5	5	20	10	9	17	5	10	0	12	23	1,1
36; 39	4	8	8	20	16	5	5	20	10	8	16	5	10	0	11	22	1,2
42; 45	4,5	8	8	20	16	5	5	20	10	8	15	5	10	0	11	22	1,25
48; 52	5	9	9	24	18	6	6	24	12	8	15	5	12	0	11	21	1,35
56; 60	5,5	9	9	24	18	6	6	24	12	8	15	6	12	0	10	20	1,45
64—80	6	9	9	24	18	6	6	24	12	8	15	6	12	0	10	20	1,5
84—109	6	11	11	28	22	7	7	28	14	8	15	7	14	0	10	20	1,5
114—149	6	12	12	32	24	8	8	32	16	8	15	8	16	0	10	20	1,5

[1]) Допуски на $\frac{1}{2}\alpha$ для резьбовых скоб, приведенные в этой графе, относятся только к таким скобам, у которых длина стороны нарезки укорочена, иначе допуск для $\frac{1}{2}\alpha$ следует брать одинаковым с допуском для пробок, т. е. ±.

[2]) Допуск на величину шага s относится к измерению на любом участке длины резьбы в пределах длины свинчивания, принятой в данном случае $\approx 0{,}8\,d$.

Знаки в скобках (+)(−) относятся к резьбовым кольцам, знаки без скобок относятся к резьбовым пробкам.

Значения точности изготовления для диаметров, шага и половины угла профиля должны быть выдержаны для каждого элемента в отдельности.

Предельные размеры для точного, среднего и грубого классов точности для проходной резьбовой пробки

(по DIN 13 и 14, прилож. 6) (размеры в *мм*)

Номинальн. диам. d	Наружн диам.			Средний диаметр			Внутр. диам.	Отклонения	
	новый		изношен. наим	новый		изношен. наим.	наиб.	шага $\pm p$	полов. угла между сторонами нарезки мин.
	наиб.	наим.		наиб.	наим.				
2	2,006	1,994	1,984	1,744	1,736	1,724	1,480	4	28
2,3	2,306	2,294	2,284	2,044	2,036	2,024	1,780	4	26
2,6	2,606	2,594	2,584	2,312	2,304	2,292	2,016	4	24
3	3,006	2,994	2,984	2,679	2,671	2,659	2,350	4	22
3,5	3,506	3,494	3,484	3,114	3,106	3,094	2,720	4	20
4	4,006	3,994	3,984	3,549	3,541	3,529	3,090	4	18
4,5	4,506	4,494	4,484	4,017	4,009	3,997	3,526	4	17
5	5,006	4,994	4,984	4,484	4,476	4,464	3,960	4	16
5,5	5,506	5,494	5,484	4,919	4,911	4,899	4,330	4	15
6	6,006	5,994	5,984	5,354	5,346	5,334	4,700	4	14
7	7,006	6,994	6,984	6,354	6,346	6,334	5,700	4	14
8	8,006	7,994	7,984	7,192	7,184	7,172	6,376	4	13
9	9,006	8,994	8,984	8,192	8,184	8,172	7,376	4	13
10	10,008	9,992	9,980	9,031	9,021	9,006	8,052	4	12
11	11,008	10,992	10,980	10,031	10,021	10,006	9,052	4	12
12	12,008	11,992	11,980	10,868	10,858	10,843	9,726	4	11
14	14,008	13,992	13,980	12,706	12,696	12,681	11,402	5	10
16	16,008	15,992	15,980	14,706	14,696	14,681	13,402	5	10
18	18,008	17,992	17,980	16,381	16,371	16,356	14,752	5	9
20	20,008	19,992	19,980	18,381	18,371	18,356	16,752	5	9
22	22,008	21,992	21,980	20,381	20,371	20,356	18,752	5	9
24	24,008	23,992	23,980	22,056	22,046	22,031	20,102	5	9
27	27,008	26,992	26,980	25,056	25,046	25,031	23,102	5	9
30	30,008	29,992	29,980	27,732	27,722	27,707	25,454	5	9
33	33,008	32,992	32,980	30,732	30,722	30,707	28,454	5	9
36	36,008	35,992	35,980	33,407	33,397	33,382	30,804	5	8
39	39,008	38,992	38,980	36,407	36,397	36,382	33,804	5	8
42	42,008	41,992	41,980	39,082	39,072	39,057	36,154	5	8
45	45,008	44,992	44,980	42,082	42,072	42,057	39,154	5	8
48	48,009	47,991	47,976	44,758	44,746	44,728	41,504	5	8
52	52,009	51,991	51,976	48,758	48,746	48,728	45,504	5	8
56	56,009	55,991	55,976	52,434	52,422	52,404	48,856	5	8
60	60,009	59,991	59,976	56,434	56,422	56,404	52,856	6	8
64	64,009	63,991	63,976	60,109	60,097	60,079	56,206	6	8
68	68,009	67,991	67,976	64,109	64,097	64,079	60,206	6	8
72	72,009	71,991	71,976	68,109	68,097	68,079	64,206	6	8
76	76,009	75,991	75,976	72,109	72,097	72,079	68,206	6	8
80	80,009	79,991	79,976	76,109	76,097	76,079	72,206	6	8
84	84,011	83,989	83,972	80,110	80,096	80,075	76,206	7	8
89	89,011	88,989	88,972	85,110	85,096	85,075	81,206	7	8
94	94,011	93,989	93,972	90,110	90,096	90,075	86,206	7	8
99	99,011	98,989	98,972	95,110	95,096	95,075	91,206	7	8
104	104,011	103,989	103,972	100,110	100,096	100,075	96,206	7	8
109	109,011	108,989	108,972	105,110	105,096	105,075	101,206	7	8
114	114,012	113,988	113,968	110,111	110,095	110,071	106,206	8	8
119	119,012	118,988	118,968	115,111	115,095	115,071	111,206	8	8
124	124,012	123,988	123,968	120,111	120,095	120,071	116,206	8	8
129	129,012	128,988	128,968	125,111	125,095	125,071	121,206	8	8
134	134,012	133,988	133,968	130,111	130,095	130,071	126,206	8	8
139	139,012	138,988	138,968	135,111	135,095	135,071	131,206	8	8
144	144,012	143,988	143,968	140,111	140,095	140,071	136,206	8	8
149	149,012	148,988	148,968	145,111	145,095	145,071	141,206	8	8

Точный класс — предварительный стандарт.

Значения для диаметров, шага и половины угла профиля должны быть выдержаны для каждого элемента в отдельности.

Ввиду того, что проходная резьбовая пробка по внутреннему диаметру свободно обработана и по этому размеру не контролирует, внутренний диаметр гайки d_1' должен контролироваться проходной и непроходной гладкой пробкой с точностью изготовления и износа согласно DIN 2057 или DIN 2080, 8 й класс точности

Предельные размеры для точного, среднего и грубого классов точности для непроходной резьбовой пробки
(по DIN 13 и 14, прилож. 7)
(размеры в *мм*).

Номин. диам. *d*	Средний диаметр						Отклонения для		Ориентир. длина укороченных боков. сторон
	точной [1])		средней		грубый		шага ± μ	полов. угла между сторонами нарезки ± мин.	
	наиб.	наим.	наиб.	наим.	наиб.	наим.			
2	1,790	1,782	1,812	1,804	—	—	4	26	0,3
2,3	2,090	2,082	2,112	2,104	—	—	4	26	0,3
2,6	2,361	2,353	2,383	2,375	—	—	4	24	0,34
3	2,730	2,722	2,754	2,746	—	—	4	22	0,38
3,5	3,170	3,162	3,196	3,188	—	—	4	20	0,45
4	3,609	3,601	3,637	3,629	—	—	4	18	0,53
4,5	4,079	4,071	4,108	4,100	—	—	4	17	0,56
5	4,548	4,540	4,578	4,570	4,638	4,630	4	16	0,6
5,5	4,987	4,979	5,018	5,010	5,082	5,074	4	16	0,6
6	5,425	5,417	5,459	5,451	5,526	5,518	4	15	0,65
7	6,425	6,417	6,459	6,451	6,526	6,518	4	15	0,65
8	7,271	7,263	7,308	7,300	7,383	7,375	4	15	0,7
9	8,271	8,263	8,308	8,300	8,383	8,375	4	15	0,7
10	9,118	9,108	9,159	9,149	9,241	9,231	4	14	0,75
11	10,118	10,108	10,159	10,149	10,241	10,231	4	14	0,75
12	10,961	10,951	11,006	10,996	11,095	11,085	4	14	0,8
14	12,806	12,796	12,853	12,843	12,948	12,938	5	13	0,85
16	14,806	14,796	14,853	14,843	14,948	14,938	5	13	0,85
18	16,492	16,482	16,545	16,535	16,651	16,641	5	13	0,9
20	18,492	18,482	18,545	18,535	18,651	18,641	5	13	0,9
22	20,492	20,482	20,545	20,535	20,651	20,641	5	13	0,9
24	22,177	22,167	22,235	22,225	22,351	22,341	5	12	1
27	25,177	25,167	25,235	25,225	25,351	25,341	5	12	1
30	27,862	27,852	27,925	27,915	28,050	28,040	5	12	1,1
33	30,862	30,852	30,925	30,915	31,050	31,040	5	12	1,1
36	33,546	33,536	33,613	33,603	33,747	33,737	5	11	1,2
39	36,546	36,536	36,613	36,603	36,747	36,737	5	11	1,2
42	39,229	39,219	39,300	39,290	39,442	39,432	5	11	1,25
45	42,229	42,219	42,300	42,290	42,442	42,432	5	11	1,25
48	44,914	44,902	44,989	44,977	45,139	45,127	5	11	1,35
52	48,914	48,902	48,989	48,977	49,139	49,127	5	11	1,35
56	52,597	52,585	52,676	52,664	52,833	52,821	6	10	1,45
60	56,597	56,585	56,676	56,664	56,833	56,821	6	10	1,45
64	60,279	60,267	60,361	60,349	60,525	60,513	6	10	1,5
68	64,279	64,267	64,361	64,349	64,525	64,513	6	10	1,5
72	68,279	68,267	68,361	68,349	68,525	68,513	6	10	1,5
76	72,279	72,267	72,361	72,349	72,525	72,513	6	10	1,5
80	76,279	76,267	76,361	76,349	76,525	76,513	6	10	1,5
84	80,290	80,276	80,379	80,365	80,552	80,538	7	10	1,5
89	85,290	85,276	85,379	85,365	85,552	85,538	7	10	1,5
94	90,290	90,276	90,379	90,365	90,552	90,538	7	10	1,5
99	95,290	95,276	95,379	95,365	95,552	95,538	7	10	1,5
104	100,290	100,276	100,379	100,365	100,552	100,538	7	10	1,5
109	105,290	105,276	105,379	105,365	105,552	105,538	7	10	1,5
114	110,292	110,276	110,381	110,365	110,554	110,538	8	10	1,5
119	115,292	115,276	115,381	115,365	115,554	115,538	8	10	1,5
124	120,302	120,286	120,397	120,381	120,581	120,565	8	10	1,5
129	125,302	125,286	125,397	125,381	125,581	125,565	8	10	1,5
134	130,302	130,286	130,397	130,381	130,581	130,565	8	10	1,5
139	135,302	135,286	135,397	135,381	135,581	135,565	8	10	1,5
144	140,302	140,286	140,397	140,381	140,581	140,565	8	10	1,5
149	145,302	145,286	145,397	145,381	145,581	145,565	8	10	1,5

Точный класс — предварительный стандарт.

Значения для диаметров, шага и половины угла профиля должны быть выдержаны для каждого элемента в отдельности.

Непроходная резьбовая пробка должна быть выполнена с 2—3 нитками с притупленной резьбой.

Предельные размеры для установочной резьбовой пробки точного, среднего и грубого классов точности, предназначенной для установки скобы или разжимного кольца, служащих для проверки износа проходной резьбовой пробки

(по DIN 13 и 14, прилож. 8)

(размеры в *мм*).

Номинальн. диаметр d	Средний диаметр		Отклонения для		Номинальн. диаметр d	Средний диаметр		Отклонения для	
	наибольший	наименьший	шага ± μ	половины угла между сторонами нарезки ± мин.		наибольший	наименьший	шага ± μ	половины угла между сторонами нарезки ± мин.
2	1,728	1,720	4	26	39	36,387	36,377	5	8
2,3	2,028	2,020	4	26	42	39,062	39,052	5	8
2,6	2,296	2,288	4	24	45	42,062	42,052	5	8
3	2,663	2,655	4	22	48	44,734	44,722	5	8
3,5	3,098	3,090	4	20	52	48,734	48,722	5	8
4	3,523	3,523	4	18	56	52,410	52,398	6	8
4,5	4,001	3,993	4	17	60	56,410	56,398	6	8
5	4,468	4,460	4	16	64	60,085	60,073	6	8
5,5	4,903	4,895	4	15	68	64,085	64,073	6	8
6	5,338	5,330	4	14	72	68,085	68,073	6	8
7	6,338	6,330	4	14	76	72,085	72,073	6	8
8	7,176	7,168	4	13	80	76,085	76,073	6	8
9	8,176	8,168	4	13	84	80,082	80,068	7	8
10	9,011	9,001	4	12	89	85,082	85,068	7	8
11	10,011	10,001	4	12	94	90,082	90,068	7	8
12	10,848	10,838	4	11	99	90,082	95,068	7	8
14	12,686	12,676	5	10	104	100,082	100,068	7	8
16	14,686	14,676	5	10	109	105,082	105,068	7	8
18	16,361	16,351	5	9	114	110,079	110,063	8	8
20	18,361	18,351	5	9	119	115,079	115,063	8	8
22	20,361	20,351	5	9	124	120,079	120,063	8	8
24	22,036	22,026	5	9	129	125,079	125,063	8	8
27	25,036	25,026	5	9	134	130,079	130,063	8	8
30	27,712	27,702	5	9	139	135,079	135,063	8	8
33	30,712	30,702	5	9	144	140,079	140,063	8	8
36	33,387	33,377	5	8	149	145,079	145,063	8	8

Значения точного класса — предварительный стандарт.

Значения для диаметров, шага и половины угла профиля должны быть выдержаны для каждого элемента в отдельности.

Предельные размеры для проходного резьбового кольца точного, среднего и грубого классов точности

(по DIN 13 и 14, прилож. 9) (размеры в *мм*).

Номинальный диаметр d	Наружн. диам.	Средний диаметр			Внутренний диаметр		
	наименьший	наименьший новый	наибольший новый	наибольший изнош.	наименьший новый	наибольший новый	наибольший изнош.
2	2	1,736	1,744	1,756	1,474	1,486	1,496
2,3	2,3	2,036	2,044	2,056	1,774	1,786	1,796
2,6	2,6	2,304	2,312	2,324	2,010	2,022	2,032
3	3	2,671	2,679	2,691	2,344	2,356	2,366
3,5	3,5	3,106	3,114	3,126	2,714	2,726	2,736
4	4	3,541	3,549	3,561	3,084	3,096	3,106
4,5	4,5	4,009	4,017	4,029	3,520	3,532	3,542
5	5	4,476	4,484	4,496	3,954	3,966	3,976
5,5	5,5	4,911	4,919	4,931	4,324	4,336	4,346
6	6	5,346	5,354	5,366	4,694	4,706	4,716
7	7	6,316	6,354	6,366	5,694	5,706	5,716
8	8	7,184	7,192	7,204	6,370	6,382	6,392
9	9	8,184	8,192	8,204	7,370	7,382	7,392
10	10	9,021	9,031	9,046	8,044	8,060	8,072
11	11	10,021	10,031	10,046	9,044	9,060	9,072
12	12	10,858	10,866	10,883	9,718	9,734	9,746
14	14	12,896	12,706	12,721	11,394	11,410	11,422
16	16	14,896	14,706	14,721	13,394	13,410	13,422
18	18	16,371	16,381	16,396	14,744	14,760	14,772
20	20	18,371	18,381	18,396	16,744	16,760	16,722
22	22	20,371	20,381	20,396	18,744	18,760	18,772
24	24	22,046	22,056	22,071	20,094	20,110	20,122
27	27	25,046	25,052	25,071	23,094	23,110	23,122
30	30	27,722	27,732	27,747	25,446	25,462	25,474
33	33	30,722	30,407	30,747	28,446	28,462	28,474
36	36	33,397	33,407	33,422	30,796	30,812	30,824
39	39	36,397	36,407	36,422	33,796	33,812	33,824
42	42	39,072	39,082	39,097	36,146	36,162	36,174
45	45	42,072	42,082	42,097	39,146	39,162	39,174
48	48	44,746	44,758	44,776	41,495	41,513	41,528
52	52	48,746	48,758	48,776	45,495	45,513	45,528
56	56	52,422	52,434	52,452	48,847	48,865	48,880
60	60	56,422	56,434	56,452	52,847	52,865	52,880
64	64	60,097	60,109	60,127	56,197	56,215	56,230
68	68	64,097	64,109	64,127	60,197	60,215	60,230
72	72	68,097	68,109	68,127	64,197	64,215	64,230
76	76	72,097	72,109	72,127	68,197	68,215	68,230
80	80	76,097	76,109	76,127	72,197	72,215	72,230
84	84	80,096	80,110	80,131	76,195	76,217	76,234
89	89	85,096	85,110	85,131	81,195	81,217	81,234
94	94	90,096	90,110	90,131	86,195	86,217	86,234
99	99	95,096	95,110	95,131	91,195	91,217	91,234
104	104	100,096	100,110	100,131	96,195	96,217	96,234
109	109	105,096	105,110	105,131	101,195	101,217	101,234
114	114	110,095	110,111	110,135	106,194	106,218	106,238
119	119	115,095	115,111	115,135	111,194	111,218	111,238
124	124	120,095	120,111	120,135	116,194	116,218	116,238
129	129	125,095	125,111	125,135	121,194	121,218	121,238
134	134	130,095	130,111	130,135	126,194	126,218	126,238
139	139	135,095	135,111	135,135	131,194	131,218	131,238
144	144	140,095	140,111	140,135	136,194	136,218	136,238
149	149	145,095	145,111	145,135	141,194	141,218	141,238

Точный класс — предварительный стандарт.

Внутренний диаметр нового и изношенного проходного кольца может контролироваться помощью гладких пробок с точностью изготовления и износом согласно DIN 2057 или 2060, 3-й класс точности.

Ввиду того, что проходное резьбовое кольцо по наружному диаметру обработано свободно, оно в этом месте не контролируется, и наружный диаметр болта d должен контролироваться гладкими скобами с точностью изготовления и износом согласно DIN 2057 или 2060, 3-й класс точности.

Предельные размеры точного, среднего и грубого классов точ. ..сти для контр-калибров пробок для контроля новых и изношенных проходных резьбовых колец (по DIN 13 и 14, прилож. 11) (размеры в *мм*).

Номинальный диаметр d	Контр-калибр пробка для проверки нового кольца					Отклонения для половины угла профиля ± мин.	Контр-калибр пробка для контроля износа кольца			Отклонения для шага ± p	Ориентировочная длина укороченных боковых сторон
	Наружный диаметр		Средний диаметр		Внутр. диам.		Средний диаметр		Отклон. для половины угла между стор. нарезки ± мин.		
	наиб	наим	наиб.	наим.	наиб.		наиб.	наим.			
2	2,006	1,994	1,740	1,732	1,474	26	1,760	1,752	26	4	0,3
2,3	2,306	2,294	2,040	2,032	1,774	26	2,060	2,052	26	4	0,3
2,6	2,606	2,594	2,308	2,300	2,010	24	2,328	2,320	24	4	0,34
3	3,006	2,994	2,675	2,667	2,344	22	2,695	2,687	22	4	0,38
3,5	3,506	3,494	3,110	3,102	2,714	20	3,130	3,122	20	4	0,45
4	4,006	3,994	3,545	3,537	3,084	18	3,565	3,557	18	4	0,53
4,5	4,506	4,494	4,013	4,005	3,520	17	4,033	4,025	17	4	0,56
5	5,006	4,994	4,480	4,472	3,954	16	4,500	4,492	16	4	0,6
5,5	5,506	5,494	4,915	4,907	4,324	15	4,935	4,927	16	4	0,6
6	6,006	5,994	5,350	5,342	4,694	14	5,370	5,362	15	4	0,65
7	7,006	6,994	6,350	6,342	5,694	14	6,370	6,362	15	4	0,65
8	8,006	7,994	7,188	7,180	6,370	13	7,208	7,200	15	4	0,7
9	9,006	8,994	8,188	8,180	7,370	13	8,208	8,200	15	4	0,7
10	10,008	9,992	9,026	9,016	8,044	12	9,051	9,041	14	4	0,75
11	11,008	10,992	10,026	10,016	9,044	12	10,051	10,041	14	4	0,75
12	12,008	11,992	10,863	10,853	9,718	11	10,888	10,878	14	4	0,8
14	14,008	13,992	12,701	12,691	11,394	10	12,726	12,716	13	5	0,85
16	16,008	15,992	14,701	14,691	13,394	10	14,726	14,716	13	5	0,85
18	18,008	17,992	16,376	16,366	14,744	9	16,401	16,391	13	5	0,9
20	20,008	19,992	18,376	18,366	16,744	9	18,401	18,391	13	5	0,9
22	22,008	21,992	20,367	20,366	18,744	9	20,401	20,391	13	5	0,9
24	24,008	23,992	22,051	22,041	20,094	9	22,076	22,066	12	5	1
27	27,008	26,992	25,051	25,041	23,094	9	25,076	25,066	12	5	1
30	30,008	29,992	27,727	27,717	25,446	9	27,752	27,742	12	5	1,1
33	33,008	32,992	30,727	30,717	28,446	9	30,752	30,742	12	5	1,1
36	36,008	35,992	33,402	33,392	30,796	8	33,427	33,417	11	5	1,2
39	39,008	38,992	36,402	36,392	33,796	8	36,427	36,417	11	5	1,2
42	42,008	41,992	39,077	39,067	36,146	8	39,102	39,092	11	5	1,25
45	45,008	44,992	42,077	42,067	39,146	8	42,102	42,092	11	5	1,25
48	48,009	47,991	44,752	44,740	41,495	8	44,782	44,770	11	5	1,35
52	52,009	51,991	48,752	48,740	45,495	8	48,782	48,770	11	5	1,35
56	56,009	55,991	52,428	52,416	48,847	8	52,458	52,446	10	6	1,45
60	60,009	59,991	56,428	56,416	52,847	8	56,458	56,446	10	6	1,45
64	64,009	63,991	60,103	60,091	56,197	8	60,133	60,121	10	6	1,5
68	68,009	67,991	64,103	64,091	60,197	8	64,133	64,121	10	6	1,5
72	72,009	71,991	68,103	68,091	64,197	8	68,133	68,121	10	6	1,5
76	76,009	75,991	72,103	72,091	68,197	8	72,133	72,121	10	6	1,5
80	80,009	79,991	76,103	76,091	72,197	8	76,133	76,121	10	6	1,5
84	84,011	83,989	80,103	80,089	76,195	8	80,138	80,124	10	7	1,5
89	89,011	88,989	85,103	85,089	81,195	8	85,138	85,124	10	7	1,5
94	94,011	93,989	90,103	90,089	86,195	8	90,138	90,124	10	7	1,5
99	99,011	98,989	95,103	95,089	91,195	8	95,138	95,124	10	7	1,5
104	104,011	103,989	100,103	100,089	96,195	8	100,138	100,124	10	7	1,5
109	109,011	108,989	105,103	105,189	101,195	8	105,138	105,124	10	7	1,5
114	114,012	113,988	110,103	110,087	106,194	8	110,143	110,127	10	8	1,5
119	119,012	118,988	115,103	115,087	111,194	8	115,143	115,127	10	8	1,5
124	124,112	123,988	120,103	120,087	116,194	8	120,143	120,127	10	8	1,5
129	129,012	128,988	125,103	125,087	121,194	8	125,143	125,127	10	8	1,5
134	134,012	133,988	130,103	130,087	126,194	8	130,143	130,127	10	8	1,5
139	139,012	138,988	135,103	135,087	131,194	8	135,143	135,127	10	8	1,5
144	144,012	143,988	140,103	140,087	136,194	8	140,143	140,127	10	8	1,5
149	149,012	148,988	145,103	145,087	141,194	8	145,143	145,127	10	8	1,5

Точный класс — предварительный стандарт.

Значения для диаметров, шага и половины угла профиля должны быть выдержаны для каждого элемента в отдельности.

Предельные размеры точного, среднего и грубого классов точности для установочных резьбовых пробок, служащих для установки проходных и непроходных скоб и разжимных колец

(по DIN 13 и 14, прилож. 12). (Размеры в *мм*).

номинальный диаметр d	Проходная: Средний диаметр точный, средний и грубый: наибольший	Проходная: Средний диаметр точный, средний и грубый: наименьший	Проходная: Отклонения половины угла между сторонами нарезки ± мин.	Ориентировочная длина укороченных боковых сторон	Непроходная: Средний диаметр точный: наибольший	Непроходная: Средний диаметр точный: наименьший	Непроходная: Средний диаметр средний: наибольший	Непроходная: Средний диаметр средний: наименьший	Непроходная: Средний диаметр грубый: наибольший	Непроходная: Средний диаметр грубый: наименьший	Непроходная: Отклонения для половины угла между сторонами нарезки ± мин.	Отклонения для шага ± μ
2	1,740	1,732	26	0,8	1,698	1,690	1,676	1,668	—	—	26	4
2,3	2,040	2,032	26	0,8	1,998	1,990	1,976	1,968	—	—	26	4
2,6	2,308	2,300	24	0,84	2,263	2,255	2,241	2,233	—	—	24	4
3	2,675	2,667	22	0,38	2,628	2,620	2,604	2,596	—	—	22	4
3,5	3,110	3,102	20	0,45	3,059	3,050	3,032	3,024	—	—	20	4
4	3,545	3,537	18	0,53	3,489	3,481	3,461	3,453	—	—	18	4
4,5	4,013	4,005	17	0,56	3,955	3,947	3,926	3,918	—	—	17	4
5	4,480	4,472	16	0,6	4,420	4,412	4,390	4,382	4,330	4,322	16	4
5,5	4,915	4,907	16	0,6	4,851	4,843	4,820	4,812	4,756	4,748	15	4
6	5,350	5,342	15	0,65	5,283	5,275	5,249	5,241	5,182	5,174	14	4
7	6,350	6,342	15	0,65	6,283	6,275	6,249	6,241	6,182	6,174	14	4
8	7,188	7,180	15	0,7	7,113	7,105	7,076	7,068	7,001	6,993	13	4
9	8,188	8,180	15	0,7	8,113	8,105	8,076	8,068	8,001	7,993	13	4
10	9,026	9,016	14	0,75	8,944	8,934	8,903	8,893	8,821	8,811	12	4
11	10,026	10,016	14	0,75	9,944	9,934	9,903	9,893	9,821	9,811	12	4
12	10,863	10,853	14	0,8	10,775	10,760	10,730	10,720	10,641	10,631	11	4
14	12,701	12,691	13	0,85	12,606	12,595	12,559	12,549	12,464	12,454	10	5
16	14,701	14,691	13	0,85	14,606	14,596	14,559	14,549	14,464	14,454	10	5
18	16,376	16,366	13	0,9	16,270	16,266	16,217	16,207	16,111	16,101	9	5
20	18,376	18,366	13	0,9	18,270	18,260	18,217	18,207	18,111	18,101	9	5
22	20,376	20,366	13	1	20,270	20,260	20,217	20,207	20,111	20,101	9	5
24	22,051	22,041	12	1	21,935	21,925	21,877	21,867	21,761	21,751	9	5
27	25,051	25,041	12	1,1	24,935	24,925	24,877	24,867	24,761	24,751	9	5
30	27,727	27,717	12	1,1	27,602	27,592	27,539	27,529	27,414	27,404	9	5
33	30,727	30,717	12	1,2	30,602	30,592	30,539	30,529	30,414	30,404	9	5
36	33,402	33,392	11	1,2	33,268	33,258	33,201	33,191	33,067	33,057	8	5
39	36,402	36,392	11	1,25	36,268	36,258	36,201	36,191	36,067	36,057	8	5
42	39,077	39,067	11	1,25	38,935	38,925	38,864	38,854	38,722	38,712	8	5
45	42,077	42,067	11	1,35	41,935	41,925	41,864	41,854	41,722	41,712	8	5
48	44,752	44,740	11	1,35	44,602	44,590	44,527	44,515	44,377	44,365	8	5
52	48,752	48,740	11	1,45	48,602	48,590	48,527	48,515	48,377	48,365	8	5
56	52,428	52,416	10	1,45	52,271	52,259	52,192	52,180	52,035	52,023	8	6
60	56,428	56,416	10	1,5	56,271	56,259	56,192	56,180	56,035	56,023	8	6
64	60,103	60,091	10	1,5	59,939	59,927	59,857	59,845	59,693	59,681	8	6
68	64,103	64,091	10	1,5	63,939	63,927	63,857	63,845	63,693	63,681	8	6
72	68,103	68,091	10	1,5	67,939	67,927	67,857	67,845	67,693	67,681	8	6
76	72,103	72,091	10	1,5	71,939	71,927	71,857	71,845	71,693	71,681	8	6
80	76,103	76,091	10	1,5	75,939	75,927	75,857	75,845	75,693	75,681	8	6
84	80,103	80,089	10	1,5	79,930	79,916	79,841	79,827	79,668	79,654	8	7
89	85,103	85,089	10	1,5	84,930	84,916	84,841	84,827	84,668	84,654	8	7
94	90,103	90,089	10	1,5	89,930	89,916	89,841	89,827	89,668	89,654	8	7
99	95,103	95,089	10	1,5	94,930	94,916	94,841	94,827	94,668	94,654	8	7
104	100,103	100,089	10	1,5	99,930	99,916	99,841	99,827	99,668	99,654	8	7
109	105,103	105,089	10	1,5	104,930	104,916	104,841	104,827	104,668	104,654	8	7
114	110,103	110,087	10	1,5	109,930	109,914	109,841	109,825	109,668	109,652	8	8
119	115,103	115,087	10	1,5	114,930	114,914	114,841	114,825	114,668	114,652	8	8
124	120,103	120,087	10	1,5	119,920	119,904	119,825	119,809	119,641	119,625	8	8
129	125,103	125,087	10	1,5	124,920	124,904	124,825	124,809	124,641	124,625	8	8
134	130,103	130,087	10	1,5	129,920	129,904	129,825	129,809	129,641	129,625	8	8
139	135,103	135,087	10	1,5	134,920	134,904	134,825	134,809	134,641	134,625	8	8
144	140,103	140,187	10	1,5	139,920	139,904	139,825	139,809	139,641	139,625	8	8
149	145,103	145,087	10	1,5	144,920	144,904	144,825	144,809	144,641	144,625	8	8

Примеч. см. след. стр.

(Примечание к предыдущей таблице.)

Точный класс—предварительный стандарт.

Значения для диаметров, шага и половины угла профиля должны быть выдержаны для каждого элемента в отдельности.

Проходная сторона установочной резьбов. пробки имеет притупленную резьбу в 2—3 витка.

Вместо проходной стороны установочной пробки, для установки может применяться проходная пробка (служащая для контроля гаек), после того как последняя изношена наполовину, и лишь при резьбовых скобах, у которых наружный диаметр свободно обработан. В спорных случаях правильным считается размер, полученный с установочной пробки с притупленной резьбой с 2—3 витками.

Допуски на изготовление и износ резьбовых калибров для дюймовой резьбы по системе Витворта (по DIN 11, приложение 5-е изд. 1930 г.) (см. рис. 208 на стр. 690).

Номинальн. диаметр d_0 дюймы	Шаг s мм	Проходная сторона: Наружный диаметр резьбы пробки. (Внутр. диам. резьбы кольца.) Отклонения: новый верх. +(—)	новый низж. —(+)	изношенный —(+)	Допуск на неточность	Средний диаметр резьбы пробки. (Средний диаметр резьбы кольца). Отклонения: новый верх. +(—)	новый низж. —(+)	изношенный —(+)	Допуск на неточность	Половина угла между сторонами нарезки $^1/_2\,\alpha$ — пробки ± мин.	резьбовые скобы [1]) + мин.	Шаг s ± [2])	Непроходная сторона: Средний диаметр пробки. Отклонения: верхн. +	нижн.	Половина угла между сторонами нарезки $^1/_2\,\alpha$ — пробки ± мин.	резьбовые скобы [1]) + мин.	Длина (рис. 197) укороченной стороны нарезки непроходного калибра, мм
$^1/_4$	1,270	8	8	20	16	5	5	20	10	15	29	4	10	0	18	36	0,5
$^5/_{16}$	1,411	8	8	20	16	5	5	20	10	14	28	4	10	0	17	34	0,55
$^3/_8$	1,588	8	8	20	16	5	5	20	10	13	26	4	10	0	17	34	0,55
$^7/_{16}$	1,814	8	8	20	16	5	5	20	10	12	24	4	10	0	16	32	0,6
$^1/_2$	2,117	8	8	20	16	5	5	20	10	11	22	5	10	0	15	30	0,65
$^9/_{16}$	2,309	8	8	20	16	5	5	20	10	11	22	5	10	0	15	30	0,7
$^5/_8$	2,540	8	8	20	16	5	5	20	10	11	21	5	10	0	14	28	0,75
$^3/_4$	2,822	8	8	20	16	5	5	20	10	10	20	5	10	0	14	27	0,8
1	3,175	8	8	20	16	5	5	20	10	10	19	5	10	0	13	26	0,85
$1^1/_8$	$1^1/_4$	8	8	20	16	5	5	20	10	9	18	5	10	0	13	25	0,9
$1^3/_8$	$1^1/_2$	8	8	20	16	5	5	20	10	9	17	5	10	0	12	24	1
$1^5/_8$	$1^3/_4$	9	9	24	18	6	6	24	12	8	16	5	12	0	11	23	1,15
$1^7/_8$	2	9	9	24	18	6	6	24	12	8	16	5	12	0	11	22	1,2
$2^1/_4$	$2^1/_2$	9	9	24	18	6	6	24	12	8	16	6	12	0	11	21	1,3
$2^3/_4$	3	11	11	28	22	7	7	28	14	8	15	6	14	0	10	21	1,4
$3^1/_4$	$3^1/_2$	11	11	28	22	7	7	28	14	8	15	6	14	0	10	20	1,5
$3^3/_4$	4	11	11	28	22	7	7	28	14	7	15	7	14	0	10	20	1,6
$4^1/_4$	$4^1/_2$	12	12	32	24	8	8	32	16	7	15	7	16	0	10	20	1,6
$4^3/_4$	5	12	12	32	24	8	8	32	16	7	14	7	16	0	10	19	1,65
$5^1/_4$	$5^1/_2$	12	12	32	24	8	8	32	16	7	14	8	16	0	10	19	1,7
$5^3/_4$	6	14	14	36	28	9	9	36	18	7	14	8	18	0	10	19	1,75

[1]) Допуски на $^1/_2\,\alpha$ для резьбовых скоб, приведенные в этой графе, относятся только к таким скобам у которых длина стороны нарезки укорочена; иначе допуск для $^1/_2\,\alpha$ следует брать одинаковым с допуском для пробок, т. е. ±.

[2]) Допуск на величину шага s относится к измерению на любом участке длины резьбы в пределах длины свинчивания, принятой в данном случае $\approx 0{,}8\,d$.

Знаки в скобках (+) (—) относятся к резьбовым кольцам, знаки без скобок относятся к резьбовым пробкам.

Значения точности изготовления для диаметров, шага и половины угла профиля должны быть выдержаны для каждого элемента в отдельности.

8. ГАБАРИТНЫЕ РАЗМЕРЫ РЕЗЬБОВЫХ КАЛИБРОВ.

Конструкция резьбовых калибров. На стр. 704—709 приведены таблицы размеров резьбовых калибров и их элементов, предложенные Промстандарт Инстр. 67, 68, 78, 80, 82, 83. Пробки с конусными вставками (стр. 705—707) нормированы DIN и применяются от 1 до 68 *мм*; их удобно измерять—вследствие наличия точных центровых отверстий. Пробки с насадками (стр. 708) пригодны гл. обр. для серийного их изготовления; их преимуществом перед пробками с конусными вставками является приблизительно вдвое большая, чем у последних, продолжительность их службы—после износа передней части насадок их можно перевернуть, так как конструкция насадок симметрична. Для единичного производства пробок более удобна изображенная на рис. 209 конструкция пробок (нормализованная в Америке), аналогичная конструкции гладких пробок (см. т. II).

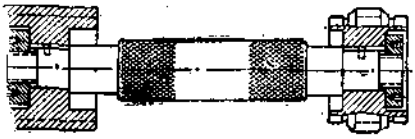


Рис. 209.

На стр. 704 помещена таблица размеров резьбовых колец по Промстандарт Инстр. 67—68; непроходные кольца начиная с ∅ 16 *мм* отличены от проходных кольцевой канавкой.

На рис. 210 изображена конструкция регулирующегося кольца,

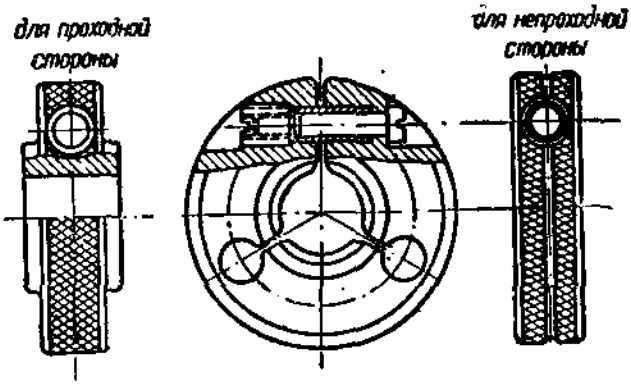


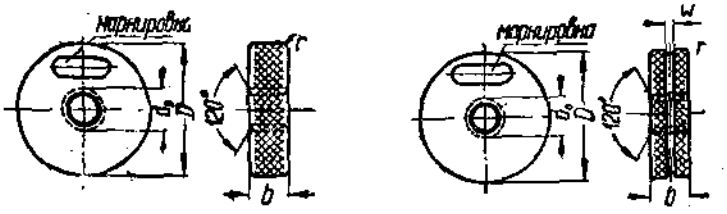
Рис. 210.

устанавливаемого по установочной пробке, нормализованного в Америке и предложенного так же Промстандарт.

В последние годы за границей, а также на некоторых наших заводах, широко начали применять скобы—с роликами и насадками; их преимущество перед кольцами заключается в большей скорости проверки ими (от 6 до 12 раз) и легкости их более точного изготовления и измерения отдельных элементов их нарезки.

Резьбовые калибры кольца.

Проходные (по Промст. Инст. 67) Непроходные (по Промст. Инст. 68)



мм

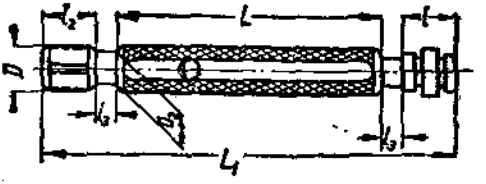
d_0	Шаг s	b для проходного и непроходного	W	D	r	d_0	Шаг s	b для проходного	b для непроходного	W	D	r
1	0,25	$2{,}5^{-0{,}12}$	0,8	15	0,2	16	2,0	$14^{-0{,}25}$	$12^{-0{,}25}$	1,5	42	1
1,2	0,25	$2{,}5^{-0{,}12}$	0,8	15	0,2	18	2,5	$15^{-0{,}25}$	$12^{-0{,}25}$	1,5	42	1
1,4	0,3	$2{,}5^{-0{,}12}$	0,8	15	0,2	20	2,5	$16^{-0{,}25}$	$12^{-0{,}25}$	1,5	50	1
1,7	0,35	$3^{-0{,}12}$	0,8	20	0,2	22	2,5	$18^{-0{,}25}$	$12^{-0{,}25}$	1,5	50	1
2	0,4	$3^{-0{,}12}$	0,8	20	0,2	24	3,0	$20^{-0{,}3}$	$16^{-0{,}25}$	2	50	1,5
2,3	0,4	$3^{-0{,}12}$	0,8	20	0,2	27	3,0	$22^{-0{,}3}$	$16^{-0{,}25}$	2	60	1,5
2,6	0,45	$3^{-0{,}12}$	0,8	20	0,2	30	3,5	$22^{-0{,}3}$	$18^{-0{,}25}$	2	60	1,5
3	0,5	$4^{-0{,}15}$	0,8	24	0,5	(33)	3,5	$24^{-0{,}3}$	$20^{-0{,}25}$	2	70	1,5
(3,5)	0,6	$4^{-0{,}15}$	0,8	24	0,5	36	4,0	$28^{-0{,}3}$	$20^{-0{,}3}$	2	70	1,5
4	0,7	$4^{-0{,}15}$	0,8	24	0,5	(39)	4,0	$30^{-0{,}3}$	$22^{-0{,}3}$	2	80	1,5
5	0,8	$5^{-0{,}15}$	0,8	24	0,5	42	4,5	$30^{-0{,}3}$	$24^{-0{,}3}$	2	80	1,5
6	1,0	$6^{-0{,}15}$	1	30	0,5	(45)	4,5	$32^{-0{,}3}$	$25^{-0{,}3}$	3	90	2,5
(7)	1,0	$6^{-0{,}15}$	1	30	0,5	48	5,0	$38^{-0{,}3}$	$25^{-0{,}3}$	3	90	2,5
8	1,25	$8^{-0{,}2}$	1	30	0,5	(52)	5,0	$40^{-0{,}3}$	$28^{-0{,}3}$	3	105	2,5
(9)	1,25	$8^{-0{,}2}$	1	30	0,5	56	5,5	$40^{-0{,}3}$	$28^{-0{,}3}$	3	105	2,5
10	1,5	$9^{-0{,}2}$	1	30	0,5	(60)	5,5	$45^{-0{,}3}$	$28^{-0{,}3}$	3	105	2,5
(11)	1,5	$12^{-0{,}2}$	1,5	36	1	64	6,0	$48^{-0{,}3}$	$32^{-0{,}3}$	3	115	2,5
12	1,75	$12^{-0{,}25}$	1,5	36	1	(68)	6,0	$52^{-0{,}4}$	$32^{-0{,}3}$	3	115	2,5
14	2,0	$12^{-0{,}25}$	1,5	36	1							

Резьбу рекомендуется притупить до $^1/_2$ витка с каждой стороны кольца.

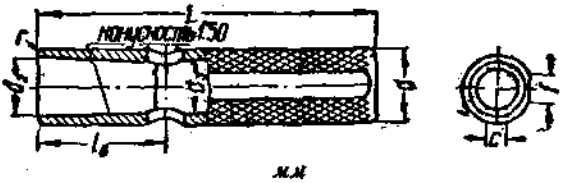
Непроходные кольца делаются с числом витков $2^1/_2$—3 с притупленным профилем резьбы по Промст. Инстр. 101 (см. стр. 686).

Радиус r может заменяться фаской.

Общий вид калибра по Промст. Инстр. 78.



Ручки калибров по Промст. Инстр. 80.



мм

D	Шаг s	l	l_2	l_3	l_6	L	L_1	d	d_2	d_3	f	r	c
1—3	0,25—0,5	5	5	4	13,2	$45^{-0,5}$	63	6	$2,5^{+0,02}$	$2,2^{+0,15}$	3	1,0	2,8
(3,5); 5	0,6—0,8	6	6	4	13,2	$45^{-0,5}$	65	6	$2,5^{+0,02}$	$2,2^{+0,15}$	3	1,0	2,8
6; (7)	1,0	8	8	5	15,5	$52^{-0,5}$	78	8	$4^{+0,025}$	$3,6^{+0,2}$	4	1,5	3,5
8; (9)	1,25	10	10	5	15,5	$52^{-0,5}$	82	8	$4^{+0,025}$	$3,6^{+0,2}$	4	1,5	3,5
10; (11)	1,5	12	12	6	18	$60^{-0,6}$	96	10	$6^{+0,025}$	$5,5^{+0,2}$	5	1,5	4,5
12	1,75	14	14	6	18	$60^{-0,6}$	100	10	$6^{+0,025}$	$5,5^{+0,2}$	5	1,5	4,5
14; 16	2,0	16	16	8	20,5	$70^{-0,6}$	118	13	$8^{+0,03}$	$7,5^{+0,2}$	6	2,0	6
18; 20; 22	2,5	18	18	10	25	$80^{-0,6}$	136	16	$11^{+0,035}$	$10,5^{+0,25}$	7	2,0	7
24; 27	3,0	21	22	12	30,5	$90^{-0,6}$	157	20	$15^{+0,04}$	$14,5^{+0,25}$	8	2,0	7
30; (33)	3,5	24	27	14	35	$90^{-0,6}$	169	24	$18^{+0,04}$	$17^{+0,25}$	8	2,5	7
36; (39)	4,0	28	32	14	35	$90^{-0,6}$	178	24	$18^{+0,04}$	$17^{+0,25}$	8	2,5	7
42; (45)	4,5	32	36	14	35	$90^{-0,6}$	186	24	$18^{+0,04}$	$17^{+0,25}$	8	2,5	7
48; (52)	5,0	36	40	14	35	$90^{-0,6}$	194	24	$18^{+0,04}$	$17^{+0,25}$	8	2,5	7
56; (60)	5,5	40	44	16	39	$100^{-0,6}$	216	28	$21^{+0,05}$	$20^{+0,25}$	9	2,5	7
64; (68)	6,0	44	48	16	39	$100^{-0,6}$	224	28	$21^{+0,05}$	$20^{+0,25}$	9	2,5	7

Ручки могут быть двухсторонние и односторонние, могут выполняться с накаткой или иметь шестигранную форму.

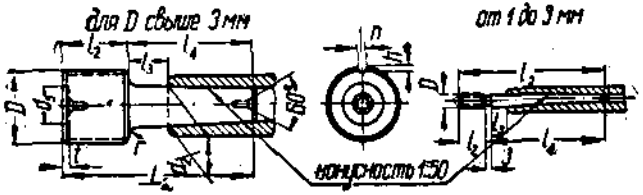
Отверстия для выбивания пробок не обязательны. Для вставок с сохраненными наружными центрами отверстия никогда не делаются.

Радиус r может заменяться фаской.

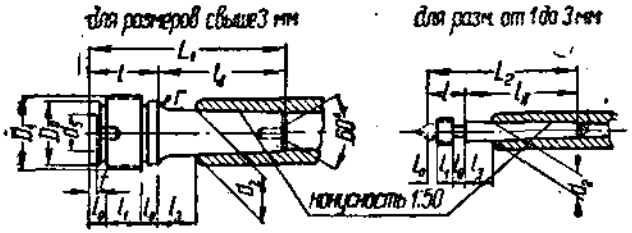
Вставки к калибрам см. стр. 706—707.

Вставки конусные к предельным резьбовым калиберным пробкам
(по Промст. Инстр. 82—83).

Вставки для проходной стороны по Промст, 82



Вставки для непроходной стороны по Промст. 83



мм

D	Шаг s	l	l_1	l_2	l_3	l_4	l_0	L_1	L_2	d_2	d_5	t	n	h	r	Диам. ручки d
1—3	0,25—0,5	$5^{-0,15}$	—	$5^{-0,15}$	4	16	—	$21^{-0,3}$	$21^{-0,3}$	$2,5^{-0,02}$	—	—	—	—	—	6
3	0,5	$5^{-0,15}$	$2^{-0,15}$	$5^{-0,15}$	4	16	1,5	$21^{-0,3}$	$21^{-0,3}$	$2,5^{-0,02}$	—	—	—	—	—	6

(3,5); 5	0,6—0,8	$6^{-0,15}$	$3^{-0,15}$	$6^{-0,15}$	4	16	1,5	$22^{-0,3}$	$22^{-0,3}$	$2,5^{-0,02}$	—	—	—	—	—	6
6; (7)	1,0	$8^{-0,2}$	$4^{-0,15}$	$8^{-0,2}$	5	19	2,0	$27^{-0,3}$	$27^{-0,3}$	$4^{-0,02}$	—	—	—	—	0,5	8
8; (9)	1,25	$10^{-0,2}$	$5^{-0,15}$	$10^{-0,2}$	5	19	2,5	$29^{-0,3}$	$29^{-0,3}$	$4^{-0,02}$	—	—	—	—	0,5	8
10; (11)	1,5	$12^{-0,25}$	$6^{-0,15}$	$12^{-0,25}$	6	23	3,0	$35^{-0,3}$	$35^{-0,3}$	$6^{-0,02}$	—	—	—	—	0,5	10
12	1,75	$14^{-0,25}$	$7^{-0,2}$	$14^{-0,25}$	6	23	3,5	$37^{-0,3}$	$37^{-0,3}$	$6^{-0,02}$	—	—	2	1,5	1	10
14; 15	2,0	$16^{-0,25}$	$8^{-0,2}$	$16^{-0,25}$	8	27	4,0	$43^{-0,3}$	$43^{-0,3}$	$8^{-0,03}$	—	—	2	1,5	1	13
18; 20; 22	2,5	$18^{-0,25}$	$10^{-0,2}$	$18^{-0,25}$	10	33	4,0	$51^{-0,4}$	$51^{-0,4}$	$11^{-0,03}$	10	1	3	2	1	16
24; 27	3,0	$21^{-0,3}$	$12^{-0,25}$	$22^{-0,3}$	12	40	4,5	$61^{-0,4}$	$62^{-0,4}$	$15^{-0,04}$	16	1	4	2,25	2	20
30; (33)	3,5	$24^{-0,3}$	$14^{-0,25}$	$27^{-0,3}$	14	46	5,0	$70^{-0,4}$	$73^{-0,4}$	$18^{-0,04}$	18	1,5	4	2,5	2	24
36; (39)	4,0	$28^{-0,3}$	$16^{-0,25}$	$32^{-0,3}$	14	46	6,0	$74^{-0,4}$	$78^{-0,4}$	$18^{-0,04}$	20	1,5	5	3	4	24
42; (45)	4,5	$32^{-0,3}$	$18^{-0,25}$	$36^{-0,3}$	14	46	7,0	$81^{-0,4}$	$82^{-0,4}$	$18^{-0,04}$	25	2	5	3,25	4	24
48; (52)	5,0	$36^{-0,3}$	$20^{-0,3}$	$40^{-0,3}$	14	46	8,0	$82^{-0,4}$	$86^{-0,4}$	$18^{-0,04}$	30	2	5	3,5	4	24
56; (60)	5,5	$40^{-0,3}$	$22^{-0,3}$	$44^{-0,3}$	16	52	9,0	$92^{-0,4}$	$96^{-0,4}$	$21^{-0,05}$	30	2	6	4	4	28
64; (68)	6,0	$44^{-0,3}$	$24^{-0,3}$	$50^{-0,3}$	16	52	10,0	$93^{-0,4}$	$102^{-0,4}$	$21^{-0,05}$	35	2	6	4,25	4	28

Резьбу рекомендуется притупить с каждой стороны пробки на $^1/_2$ витка.

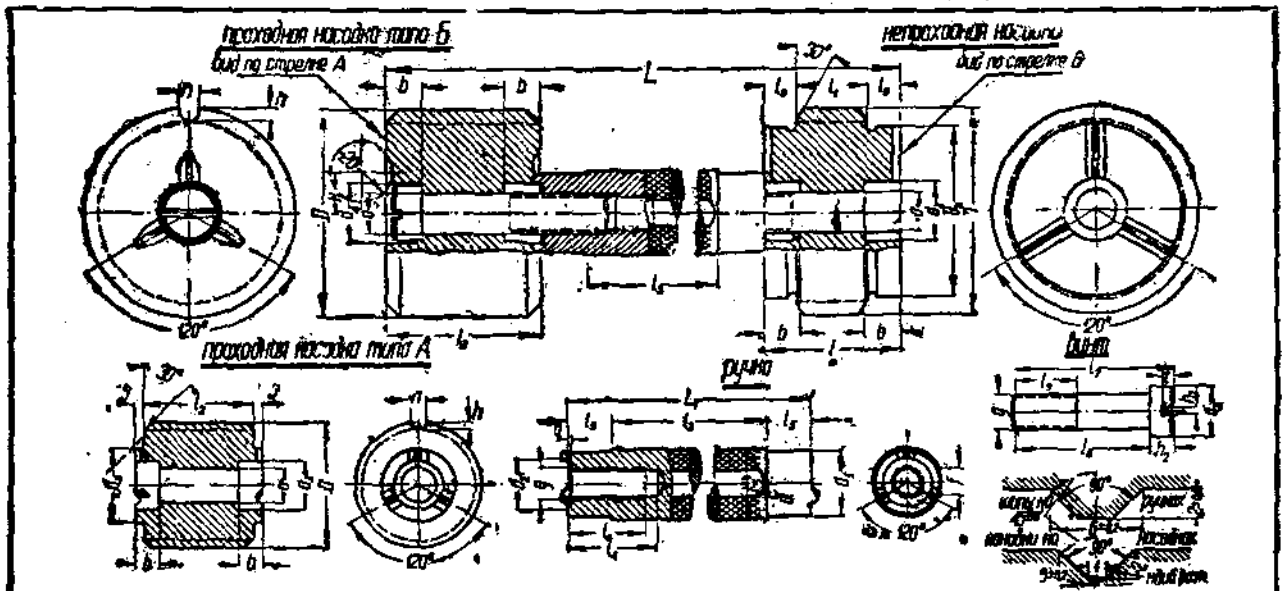
Вставки для непроходной стороны делаются с числом витков $2^1/_2$—3 с притуплённой резьбой по Промсв. Инстр. 100 (684—685).

Продольная канавка на резьбовой части проходного калибра — не обязательна.

[1] **Ручки и общий вид калибра см. стр. 703.**

Пробки резьбовые предельные с насадками

(по Промст.)



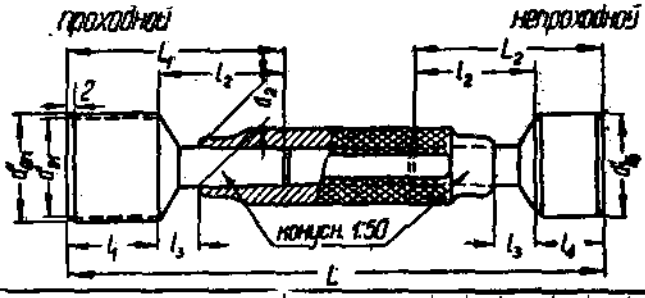
Номинальн. диам. D	Шаг s	L	l_2	l	l_3	№№ ручек	d	L_1	l_4	f	d_1	d_2	a	l_5	l_6	g	Тип проход. насадки	d_3	k	h	n	l_0	l_1	b	d_4	c	l_7	d_5	l_8	l_9	h_1	h_2	t
42; (45)	4,5	190	36	32	90	2	24	118	14	8	23	16	1	25	30	1М 11 × 1	А	24	—	3,25	5	7	18	8	17	12	52	18	46	20	2	6 — 0,2	3
46; (52)	5	190	40	38	90	2	24	118	14	8	23	16	1	25	30	1М 11 × 1	А	24	—	3,5	5	8	20	8	17	12	58	16	52	25	2	6 — 0,2	3
56; (60)	5	226	44	40	100	3	28	132	16	9	27	19	2	25	35	1М 14 × 1,5	Б	—	13,5	4	6	9	22	12	20	15	62	19	55	25	2	7 — 0,2	3,5
64; (68)	6	226	50	44	100	3	28	132	16	9	27	19	2	25	35	1М 14 × 1,5	Б	—	13,5	4,25	6	10	24	12	20	15	70	19	62	25	2	7 — 0,2	3,5

Кольца для резьбы Эдисона
(по ОСТ 4003).

Для резьбы Эдисона по ОСТ 4001	Проходное				Непроходное		Наруж. диам. кольца D наиб.	Ширина кольца b
	Наружн. диам. резьбы болта d_{05} наиб.	Внутр. диам. резьбы болта $d_{1Б}$ наиб.	Допуск на неточность изготовления	Допуск на износ	Наружн. диам. резьбы болта $d_{0н}$ наим.	Допуск на неточн. изг. отов.		
E 10	9,53	8,54	— 0,03	+ 0,03	9,86	± 0,06	30	10
E 14	13,90	12,30	— 0,04	+ 0,03	13,70	± 0,06	32	12
E 27	28,45	24,26	— 0,07	+ 0,05	26,15	± 0,06	48	16
E 33	33,05	30,45	— 0,09	+ 0,05	32,65	± 0,06	55	18
E 40	39,50	35,90	— 0,09	+ 0,05	39,05	± 0,06	65	25

Непроходное кольцо не должно находить на резьбу или в крайнем случае может закусывать.

Пробки для резьбы Эдисона
(по ОСТ 4002).



Для резьбы Эдисона по ОСТ 4001	Проходная				Непроходная		l_1	l_2	l_3	l_4	L	L_1	L_2	d_1
	Наружн. диам. резьбы гайки $d_{0н}'$ наим.	Внутр. диам. резьбы гайки $d_{1М}'$ наим.	Допуск на неточность изготовления	Допуск на износ	Внутр. диам. резьбы гайки $d_{1Б}'$ наиб.	Допуск на неточность изготовления								
E 10	9,61	8,59	+0,03	—0,03	8,76	±0,05	15	28	7	10	101	48	8	7
E 14	13,96	12,35	+0,04	—0,03	12,56	±0,06	17	32	8	10	118	49	42	8
E 27	28,55	24,56	+0,07	—0,05	24,66	±0,06	22	3[illegible]	12	16	142	60	54	12
E 33	33,15	30,55	+0,08	—0,05	30,95	±0,06	29	38	12	20	152	68	59	12
E 40	39,60	36,00	+0,09	—0,05	36,45	±0,06	32	40	14	25	185	72	85	12

Непроходная пробка не должна входить в отверстие или в крайнем случае может закусывать.

9. СПОСОБЫ ИЗМЕРЕНИЯ РЕЗЬБЫ.

Контроль винтов и гаек, изготовленных в допусках, производится при помощи описанных выше калибров; следовательно при этом контроле производятся не измерение, но лишь проверка резьбы. Заводская же практика очень часто требует измерения отдельных элементов резьбы и определения численной величины их ошибок. Для этой цели существует очень много различных методов и приборов, из которых лишь некоторые могут быть описаны здесь.

1. Измерение угла между сторонами нарезки.

Измерение угла между сторонами нарезки чаще производится оптическим путем, однако существуют и механические методы измерений.

Способ проектирования нарезки на экран очень распространен в англосаксонских странах Для этой цели сконструировано много различных приборов. На рис. 211 изображена таблица (прибора Hart*ness-comparator*), *при помощи* которой быстро определяются ошибки не только профиля и угла, но и шага и среднего диаметра винта, если таблица установлена в приборе по нормальному винту. Таблица может быть вычерчена и таким образом, что при помощи ее можно не только отбраковать детали, но также измерить их ошибки. Толстые короткие линии, нанесенные на таблице нормально к профилю нарезки, определяют собою допуски, из которых не должна выходить тень испытуемого винта. Следует иметь в виду, что такие проекционные приборы пригодны главным образом лишь для быстрой браковки винтов торгового качества, для более же точных измерений (например, метчиков, в особенности же калибров) они не годятся вследствие ряда *погрешностей*, которые может дать такой способ измерения. Угол может быть проверен здесь *с точностью* до $\pm 30'$. Таблица, с которой сравниваются проверяемые винты, должна представлять собою не теоретический профиль нарезки (т. е. не аксиальный разрез винта), но проекцию точно изготовленного винта, установленного в приборе таким же образом, как и проверяемые винты; это необходимо выполнять вследствие искажения спроектированного на экран профиля нарезки, если экран стоит параллельно оси винта. При браковке мелких винтов этим обстоятельством можно пренебречь, при крупных же винтах, в *особенности при метчиках и калибрах, его* обязательно нужно учитывать. Создано несколько конструкций приборов, устранивших влияние искажения при проек*тировании на измерения винта; один из них* (*прибор Вильсона*) получил широкое распространение во время войны при браковке деталей снарядов [1].

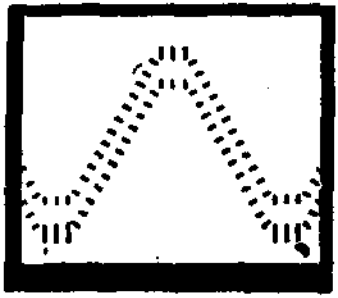


Рис. 211.

При помощи измерительного микроскопа с помещенной в поле зрения поворотной шкалой с угловыми делениями (рис. 212) углы между сторонами нарезки могут быть измерены посредством нониуса с точностью до 10′ (в лучших микроскопах точность измерения может *быть доведена до 3′*).

Такие микроскопы начинают изготовляться и в СССР.

[1]) См. Machinery, Jan. 6, 1924.

Метод шести проволок применяется также для определения ошибки угла между сторонами нарезки (способ, распространенный в Америке).

Для этого необходимы два набора проволок двух разных диаметров. Сначала нужно промерить расстояние между крайними точками проволок одного диаметра, вложенных во впадины между нарезками, затем то же расстояние для проволок другого диаметра (рис. 213). Если разность

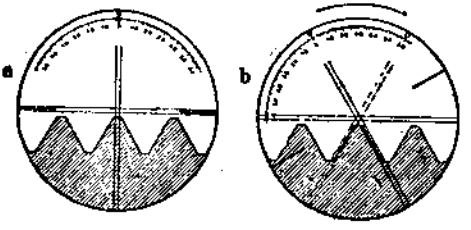


Рис. 212.

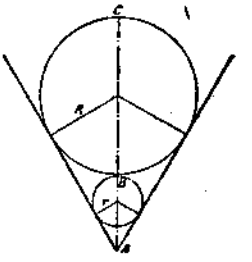


Рис. 213.

между обеими величинами равна x, радиус проволок одного набора равен R, а другого равен r, угол между сторонами нарезки α, то

$$\sin\frac{\alpha}{2}=\frac{R-r}{x-R+r}.$$

Точность такого способа при тщательных измерениях может быть доведена до 10—15′ (учитывая погрешность вследствие давления при измерении микрометром, в определении диаметра проволок, в их установке). Проволочки должны лежать параллельно направлению витка. Американцы для своей стандартной резьбы диаметр маленьких проволок выбирают приблизительно равным 0,6 шага, диаметр больших проволок равным 0,9 шага.

Измерение угла между сторонами нарезки на просвет при помощи точного шаблона обычно производится при работе в мастерских. При такой проверке однако нужно иметь в виду, что положение профиля относительно оси винта не менее важно, чем правильность угла между сторонами нарезки (по этой причине в таблицах допусков приведены допуски не для α, но для $\frac{\alpha}{2}$). Чтобы произвести такую проверку недостаточно прикладывать шаблон от руки к нарезке, но нужно подвести к проверяемому винту шаблон в определенном положении по отношению к оси винта. Для этой цели применяют прибор, изображенный на рис. 214. Изделие (обычно резьбовой калибр) зажимают между центрами и наблюдают при помощи лупы, получается ли просвет между шаблоном и нарезками винта.

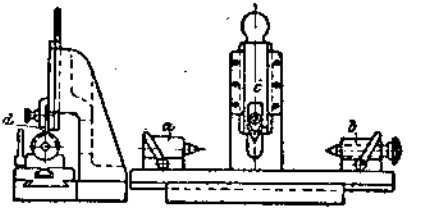


Рис. 214.

Невооруженным глазом можно обнаружить просвет шириною в 5 μ; при рассматривании при помощи лупы виден просвет шириною в $\frac{5}{y}$ μ,

где $У$ — увеличение лупы. Ошибка угла между сторонами нарезки, выраженная в секундах, которую можно обнаружить при помощи лупы с увеличением $У$, в зависимости от этого равна $\frac{200}{l \cdot У}$, где l — длина стороны нарезки в *мм*. Точность измерения угла шаблоном на просвет на-глаз (без помощи лупы) для разных шагов резьбы указана в следующей таблице, где приведены также допуски на величину $\frac{\alpha}{2}$ для калибров; погрешность изготовления шаблона не учтена при определении точности измерения (l в таблице обозначает длину стороны нарезки калибра, несколько большую, чем у нарезки винтов).

Из таблицы видно, что такой способ измерения по своей точности при изготовлении калибров пригоден лишь для резьб с крупным шагом.

Шаг резьбы s	Диаметр резьбы	l	Точность измерения ±	Допуск для калибров для $\frac{\alpha}{2}$ ±
0,25	1—1,2	0,187	36′	25′
0,5	3	0,376	18′	18′
1	6	0,751	9′	13′
2	14—16	1,501	4,5′	10′
4	36—39	3,002	2′25	8′
6	68—149	4,500	2′	5′

2. Измерение среднего диаметра резьбы.

Измерение среднего диаметра резьбы может быть произведено при помощи следующих способов, причем наиболее точным и надежным из них следует считать оптический способ измерений.

Измерение при помощи насадок в форме конуса и впадины микрометром является наиболее распространенным способом механического измерения. Форма насадок изображена на рис. 215. Угол между их сторонами равен углу нарезки. Этот способ наименее надежен вследствие сильного влияния на ошибку измерений погрешности угла между сторонами нарезки; результаты измерений получаются достаточно точными лишь при очень коротких мерительных поверхностях насадок.

Рис. 215.

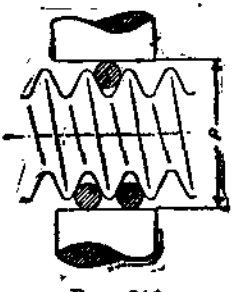


Рис. 216.

Измерение при помощи трех проволок точно одинакового диаметра (рис. 216). Этот способ можно считать одним из наиболее надежных способов измерения среднего диаметра. Проволочки вкладываются во впадины нарезки; расстояние P между крайними точками проволочек измеряется микрометром. Зная полученную величину отсчета микрометра P и диаметр

Таблица для подбора проволочек с целью измерения среднего диаметра резьбы.

P — показание микрометра.

Дюймовая резьба			Метрическая резьба			Резьба Левенгерца			Трубная резьба		
Диаметр резьбы	Диаметр проволоки	*P*	Диаметр резьбы	Диаметр проволоки	*P*	Диаметр резьбы	Диаметр проволоки	*P*	Номинальный диам. отверстия трубы	Диаметр проволоки	*P*
дюйм.	*мм*	*мм*	*мм*	*мм*	*мм*	*мм*	*мм*	*мм*	дюйм.	*мм*	*мм*
1/16	0,24	1,670	1	0,18	1,162	1	0,18	1,146	1/8	0,6	10,176
3/32	0,3	2,483	1,2	0,18	1,362	1,2	0,18	1,346	1/4	0,79	13,519
1/8	0,37	3,330	1,4	0,24	1,666	1,4	0,18	1,459	3/8	0,79	17,024
5/32	0,48	4,219	1,7	0,24	1,801	1,7	0,24	1,865	1/2	1,19	21,818
3/16	0,6	1,969	2	0,24	2,115	2	0,24	2,078	5/8	1,19	23,775
7/32	0,6	5,763	2,3	0,24	2,414	2,3	0,24	2,378	3/4	1,19	27,305
1/4	0,79	6,821	2,6	0,3	2,819	2,6	0,3	2,784	7/8	1,19	31,065
5/16	0,79	8,182	3	0,3	3,143	3	0,3	3,097	1	1,43	34,080
3/8	0,98	10,039	3,5	0,48	4,032	3,5	0,48	4,005	1 1/8	1,43	38,728
7/16	1,19	11,978	4	0,48	4,380	4	0,48	4,330	1 1/4	1,43	42,742
1/2	1,19	13,082	4,5	0,48	4,805	4,5	0,48	4,743	1 3/8	1,43	45,155
9/16	1,19	14,630	5	0,6	5,589	5	0,48	5,155	1 1/2	1,43	48,635
5/8	1,43	16,708	5,5	0,6	5,937	5,5	0,6	5,868	1 3/4	1,43	54,578
11/10	1,43	18,294	6	0,6	6,286	6	0,6	6,193	2	1,43	60,446
3/4	1,43	19,513	7	0,6	7,286	7	0,6	7,018			
13/16	1,43	21,100	8	0,79	8,477	8	0,79	8,459			
7/8	1,78	23,345	9	0,79	9,477	9	0,79	9,283			
1	1,78	25,953	10	0,98	10,669	10	0,98	10,723			
1 1/8	2,38	30,304	11	0,98	11,669						
1 1/4	2,38	33,479	12	0,98	12,290						
1 3/8	2,38	35,686	14	1,43	15,261						
1 1/2	2,38	38,860	16	1,43	17,261						
1 5/8	3,17	43,183	18	1,43	18,503						
1 3/4	3,17	46,357	20	1,43	20,503						
1 7/8	3,17	48,629	22	1,43	22,503						
2	3,17	51,803									
			24	1,78	24,796						
			27	1,78	27,796						
			30	2,38	31,838						
			33	2,38	34,838						
			36	2,38	37,080						
			39	2,38	40,080						
			42	3,17	44,693						
			45	3,17	47,693						
			48	3,17	49,935						
			52	3,17	53,935						

проволок d для данного угла между сторонами нарезки α, можно найти действительную величину среднего диаметра по формуле:

$$d_{ср} = P - d\left(1 + \frac{1}{\sin\frac{\alpha}{2}}\right) + \frac{s \cdot \operatorname{ctg}\frac{\alpha}{2}}{2} - c.$$

где c — величина поправки на измерение, возникающая вследствие установки проволок под углом подъема ω к оси резьбы.

$$c = {}^1/_2 \cdot d \cdot \operatorname{tg}^2\varphi \cdot \cos\alpha/_2 \cdot \operatorname{ctg}\alpha/_2,$$

где d — диаметр проволоки.

Погрешность измерения при проволоке наивыгоднейшего диаметра можно принять равной $= \pm (2{,}5 + P/100)$ μ.

Для уменьшения влияния погрешности угла α профиля нарезки на результат промера для каждого шага s резьбы диаметр d проволоки нужно выбирать по формуле $d = \frac{s}{2\cos\frac{\alpha}{2}}$; для метрической резьбы $d = 0{,}57735\ s$. При измерении нужно избегать сильного нажатия мерительных плоскостей микрометра на проволочки, так как это очень заметно отражается на точности промера. На стр. 713 приведена таблица с наиболее пригодными диаметрами проволочек для разных диаметров резьбы; в этой таблице указаны величины показаний микрометра (обозначены буквой P), которые должны получиться при правильной резьбе.

В Америке способ измерения среднего диаметра при помощи проволок получил очень широкое распространение. Им проверяют калибры в Бюро стандартов в Вашингтоне; военное ведомство САСШ приняло в качестве стандартного способа при проверке калибров на заводах военного снаряжения.

Американское бюро стандартов (Bureau of Standards) установило следующие характерные данные для проволок, применяющихся для измерения резьбы:

1) проволока должна быть стальной и иметь точно изготовленную цилиндрическую поверхность наибольшей технически достижимой твердости;

2) длина цилиндрической части проволоки должна быть равной 1″; с одного конца проволока имеет крючок для ее подвешивания при измерениях, чтобы устранить сильное нажатие винта и микрометра на проволоку;

3) другой конец проволоки делается плоским; на нем указывается диаметр проволоки и средний диаметр резьб, для измерения которых проволока предназначена;

4) проволока должна быть круглой с точностью до 0,5 μ и прямой с точностью до 0,5 μ на длине $^1/_4$″;

5) диаметры трех применяющихся вместе проволок не должны отличаться друг от друга больше, чем на 0,8 μ.

Измерение при помощи шаровых наконечников, надеваемых на микрометры (рис. 217). Этот способ применяется реже предыдущего. Наивыгоднейший диаметр наконечников находится из тех же соображений, как и диаметр проволок; для метрической резьбы $d = 0{,}57735\ s$.

Измерение при помощи цилиндров, расположенных нормально к оси винта (рис. 218). Диаметры цилиндров при этом должны быть равны половине шага нарезки.

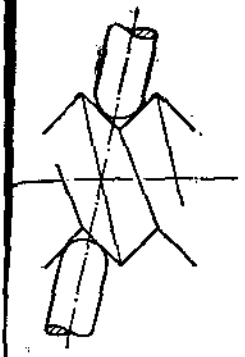


Рис. 217.

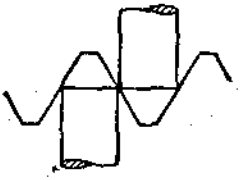


Рис. 218.

Измерение при помощи ножеобразных наконечников (рис. 219). Ширина мерительной стороны наконечника $\approx 0{,}3 - 0{,}4$ длины стороны нарезки. При этом способе промера измеряемый винт или калибр зажимается между центрами, и к сторонам резьбы подводятся наконечники нормально к оси винта.

Оптический способ измерения — на резьбовом компараторе — дает высшую для настоящего времени точность промера резьбовых калибров.

Сравнительная оценка различных способов измерения среднего диаметра. Наивысшую точность дает оптический способ измерения (например, на резьбовом компараторе), заключающийся в том, что нить отсчетного микроскопа совмещают с изображениями сторон нарезки и измеряют перемещение салазок с микроскопом (или с измеряемой резьбой) при помощи компаратора. Оптический способ дает погрешность абсолютных измерений от 3 до 10 μ, в зависимости от величины шага резьбы (с увеличением шага увеличивается погрешность измерения).

Лучшим механическим способом измерения является измерение при помощи трех проволок (с наивыгоднейшим диаметром), дающее наименьшую погрешность из механических способов измерения. Измерение при помощи шарообразных наконечников на микрометры и другие приборы пригодно лишь для сравнительных (относительных) измерений. Насадки на микрометры в форме конуса и впадины, укороченные сравнительно с длиной стороны нарезки, дают слишком грубые погрешности при абсолютных измерениях и пригодны лишь для относительных измерений закаленных (т. е. с твердой поверхностью) резьбовых деталей. Насадки в форме конуса и впадины, не укороченные, вообще не следует применять.

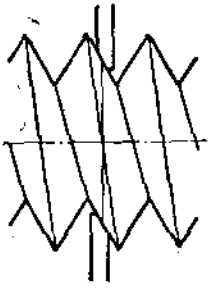


Рис. 219.

Погрешности при различных способах измерения среднего диаметра резьбовых калибров (абсолютные измерения).

Величины в микронах.

Способ измерения	Шаг резьбы в *мм*				
	0,25	0,5	1	5	10
Микрометр с коническими насадками	10	13	18	52	92
Микрометр с укороченными коническими насадками	—	—	13	13	13
Измерение микрометром при помощи трех проволок (наивыгодн. диаметры)	11	11	12	12	13
Микрометр с цилиндрами, нормальными к оси	57	57	57	58	59
Прибор с ножеобразными наконечниками	10	9	8	9	14
Оптический метод	3	3	3	6	11

Приведенная выше таблица указывает погрешности при различных способах измерения резьбовых калибров (при абсолютных их измерениях). Погрешности могут быть уменьшены почти в два раза, если производить не абсолютные промеры, но ограничиваться лишь измерением отступлений размеров измеряемого калибра (или винта) относительно размеров эталонного калибра. При этом однако предполагается, что действительные размеры эталонного калибра известны с достаточной точностью. Относительный способ промера вследствие его высшей точности следует предпочитать абсолютному.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ.

Абсолютная система единиц — 125.
» система механических единиц, сокращенные обозначения — 10.
Абсолютный нуль, температура — 131.
Авто-авиа, стандарт 114—401.
Автоматная сталь — 241, 247.
Автоматный мунц — 354, 355.
Азот атомный вес — 148, 150—151.
» скрытая теплота кипения — 137.
» температура кипения — 133.
» температура плавления — 134.
Азотирование — 270—272.
Акме резьба — 608, 646.
Акр — 116.
Акрит — 289.
Актиний, атомный вес — 148, 150—151.
Акустические единицы — 145—146.
Алгебра — 46—57.
» терминология — 46.
Алитирование — 345.
Алмаз, твердость по Мосу — 184.
Алмазная сталь — 308.
Алудур — 386—387.
Алфавит греческий — 46.
Алюмине-цинковые сплавы — 379.
Алюминиевая бронза — 378—379.
» бронза усадка при отливке — 138.
» латунь — 379.
» проволока, механические свойства — 445.
Алюминиевые сплавы — 378—387.
Алюминие-магниевые сплавы — 379—385.
Алюминизирование — 345.
Алюминий — 148, 374—378.
» атомный вес — 148, 150—151.
» влияние на свойства латуни — 362.
Алюминий влияние на свойства марганцевистой бронзы — 367.
» влияние на свойства нейзильбера — 373.
» влияние на свойства оловяной бронзы — 368.
» коэфициент линейного расширения — 137.
» коэфициент Пуассона — 165.
» марки по ОСТ — 375.
» механические свойства — 375, 376.
» модуль сдвига — 166.
» модуль упругости — 164.
» обрабатываемость 377—378.
» отжиг — 376, 377.
» паяние — 401.
» проволока обычного назначения — 445.
» реактив для исследования — 198.
» скрытая теплота плавления — 136.
» сортамент круглых прутков — 438—439, 440—441.
» сортамент лент — 456.
» сортамент листов — 453.
» сортамент проволоки для заклепок — 445.
» сплавы для литья под давлением — 387—388.
» твердость по Мосу — 184.
» температура кипения — 133.
» температура плавления — 134
» теплоемкость — 136.
» усадка при отливке — 138.
Американская автоматная сталь — 247.
» мелкая резьба — 636.
» остроугольная резьба — 635.
» резьба — 633.
» резьба для труб — 638—639

Американские обозначения стали — 238—239.
Американский ковкий чугун — 235.
» проволочный калибр — 418.
» сплав — 386.
» сплав, усадка при отливке — 138.
Аммиак, скрытая теплота кипения — 137.
» температура кипения — 133.
» температура плавления — 134.
Ампер — 139.
Ампер-секунда — 140.
Ампер-час — 140.
Английская велосипедная резьба — 634.
» тепловая единица — 135.
Английские меры — 116.
» фунты в килограммах — 121.
» фунты на дюйм в *кг на мм* — 122—123.
Английский фунт — 128.
Ар — 113, 114.
Армко железо — 247—248.
Артиллерийская орудийная углеродистая сталь — 239.
Архимедова спираль, основные элементы — 106.
» построение — 95.
Аршин — 113, 115, 118—119.
Асимптоты гиперболы — 95.
Атмосфера — 128.
Атомные веса — 148.
Атомные номера металлов — 148.
Аустенит — 312, 315.
Ацетилен, температура горения — 135.
» температура кипения — 133.
» формула — 152.
Ацетон, температура кипения — 133.

Баббит — 389—392.
» заливка во вкладыши подшипников — 391.
» изготовление — 391—392.
» излом — 392.
» назначение различных марок — 390—391.
» натро-кальциевый — 389.
» реактивы для исследований — 198—199.
» твердость по Шору — 185.
Бак для закалки — 326.
Бакелит — 394.
» обрабатываемость — 396.
Бакелит, прессование — 394—396.
Балки — изгиб — 216, 222.
» расчет — 221.
Барий — атомный вес — 148, 150—151.
» удельный вес — 156.
» хлористый, формула — 153.
Бария — 128.
Баха таблица допустимых напряжений — 205.
Бензол, температура кипения — 133.
Бериллий, атомный вес — 148, 150—151.
Бессемеровская сталь — 241.
Бикар — 294.
Биметалл — 392—393.
Бином Ньютона — 50.
Бока таблицы допустимых напряжений — 205.
Бокситы — 374.
Болты, длина нарезанной части — 486—489.
» для дерева — 481.
» для металла — 468—480.
» допустимые напряжения — 211.
» нормализация концов — 467.
» нормализация уменьшенных головок — 468.
» получистые, нормализация — 469, 471.
» расчет на прочность — 463—464.
» черные, нормализация — 472—473, 474—475, 477—488.
» чистые, нормализация — 468, 469, 470, 471, 476.
Боме, градусы — 155.
Бор — 147.
» атомный вес — 148, 150—151.
» твердость по Мосу — 184.
» температура плавления — 134.
Бортование труб, испытание — 191.
Бочка, основные элементы — 108.
Бриггсовы логарифмы — 14—38, 55.
Бринелль, твердость — 172—179.
Британская мелкая резьба — 636.
Бронза (оловянистая) 364—368.
» алюминиевая — 378—379.
» алюминиевая, усадка при отливке — 138.
» *вес листов — 437.*
» для вкладышей подшипников — 365—367.
» для подшипников для нитрированной стали — 367.

Бронза допустимые напряжения — 206.
» зеркальная — 368.
» ковкая — 364.
» колокольная — 367.
» *коэфициент линейного расширения* — 137.
» коэфициент Пуассона — 165.
» марганцовая — 372.
» марганцовистая — 367.
» монетная — 368.
» никелевая — 372.
» никелевая, усадка при отливке — *138*.
» оловянистая — 364—368.
» оловянистая, влияние примесей на ее свойства — 368.
» оловянистая, закалка — 368.
» оловянистая, усадка при отливке — 138.
» пушечная — 367.
» *реактив для исследования* — 198.
» Рюбеля — 372.
» сортамент квадратных прутков — 446—447.
» сортамент круглых прутков — 438—439.
» сортамент проволоки — 443—*444*.
» сортамент шестигранных прутков — 447—448.
» твердость по Герберту — 183.
» температура плавления — 134.
» теплоемкость — 136.
» удельный вес — 156.
» фосфористая — 365.
» *фосфористая зависимость*
» R_s от R_z — 166.
» художественная — 368.
» оловяно-цинковая, сортамент прутков — 440.
Бруски для испытания на растяжение — 162—163.
Быстрорежущая сталь — 285—289.
» сталь, вторичная твердость — 335.
» сталь круглая и квадратная, вес — 422.
» сталь отжиг — 317.
» сталь полосовая, вес — 436.
» сталь, отжиг — 317.
» сталь, полосовая, вес — 436.
» сталь, применение — 229.
» сталь, сплавы — 289—298.
Быстрорежущая сталь, сравнительная с у-сталью стоимость — 308—309.
» сталь, твердость при высоких температурах — 290.
» *сталь, тепловая обработка* — 335—337.
» сталь, удельный вес — 156.
Бура в качестве флюса — 400.
» для нагревания и закалки — 343.
» как предохранитель от обезуглероживания — 335.
» *температура плавления* — 134.
Бут, допустимые напряжения — 213.
Бушель — 116.

Валы — 545—551.
» гибкие — 547—548.
» длина — 545.
» приводные, диаметры — 546.
» прогиб — 545.
» расстояние между подшипниками — 545—546.
» расчет — 548—551.
» трансмиссии — 547.
» число оборотов — 545.
Ванадий — 147—149.
» атомный вес — 148, 150—151.
» *влияние на свойства б-стали* — 286.
» влияние на свойства инструментальной стали — 285.
» влияние на цементацию — 338, 339.
» удельный вес — 156.
Ванны свинцовые и соляные — *342—346*.
Варвань для закалки — 325.
Ватт — 131, 140.
» секунда — 131, 140.
Ведро — 115.
Величины обратные — 12—38.
Верста — 115, 118—119.
Вершок — 115, 118—119.
Вес газов и паров — 161.
» круглой и квадратной быстрорежущей стали — 422.
» металлических листов — 437.
» отливки, определение — 138—139.
» полосовой б-стали — 436.
» различных профилей стали — *423—425*.
» сыпучих тел — 160.

Вес удельный — 154—160.
Видиа — 292—294.
Видиа-х — 292—293.
» окисление при нагревании — 298.
» удельный вес — 156.
Виккерс, твердость — 179—180.
Винты — 491—506.
» для дерева — 498—499.
» для металла — 491—497, 500—506.
» накатанные — 496.
» нормализация концов — 467.
» с головкой под ключ — 495, 497, 502—506.
» с шестигранным отверстием — 497, 506.
» установочные — 500—506.
Винтовые зубчатые колеса — 568—592.
» зубчатые колеса, допустимые напряжения зубцов — 588.
» зубчатые колеса, передаточное число — 586, 587, 588.
» зубчатые колеса, расчет — 589.
Висмут, атомный вес — 148, 150—151.
» влияние на свойства припоя — 397.
» коэфициент линейного расширения — 137.
» скрытая теплота плавления — 136.
» твердость по Мосу — 184.
» температура кипения — 133.
» температура плавления — 134.
» удельный вес — 156.
Витворта резьба — 625—627.
Водяной столб, давление — 128, 129.
Водород, атомный вес — 148, 150—151.
» скрытая теплота кипения — 137.
» температура горения — 134.
» температура кипения — 133.
Водородная температурная шкала — 132.
Воздух, температура кипения — 133.
Вокар — 294.
Волоченая сталь — 252.
Волочение латуни — 361.
Волочильные доски, применяемая сталь — 300.
Вольт — 139.
Вольфрам — 149.
Вольфрам, атомный вес 148, 150—151.
» влияние на критическую температуру стали — 315.
» влияние на свойства б-стали — 285 — 286.
» влияние на свойства специальной стали — 282.
» карбид, твердость по Мосу — 184.
» карбиды — 292—298
» температура плавления — 134.
» удельный вес — 156.
Вольфрамовая сталь для обработки твердых материалов — 307.
» сталь для пил — 306.
» сталь для резьбовых инструментов — 305.
» поделочная сталь — 268.
» сталь, температура отжига — 315, 317.
Воск, температура плавления — 134.
Вотерена железо — 410.
Временное сопротивление кручению — 167.
» сопротивление разрыву — 165.
» сопротивление разрыву и твердость по Бринеллю — 174.
» сопротивление сдвигу — 166.
Время, единица — 127.
» сокращенные обозначения — 4.
Вуда сплав — 392.
Вудруфа шпонки — 543.
Вязкость алюминия — 376, 377.
» по Эриксену листового материала — 189.
» стали для вытягивания — 248—251.
Выход резьбы — 465—466.
Вырубание, применяемая латунь — 361.
Вырубные штампы, применяемая сталь — 300.
Высота звука — 145.
Вычитание — 47.
Вытягивание на приборе Эриксена — 188.
» применение железа Армко — 247.
» применяемая латунь — 361.
» применяемая сталь — 248—252.

Гадолиний атомный вес — 148, 150, 151.
Гадфильда сталь — 268, 269.
Газапольные лампы — 142.

Гайки — 507—512.
» барашки — 512.
» корончатые — 509—511.
» применяемое полосовое железо — 429.
» расчет высоты — 464.
» черные — 507, 511.
» чистые и получистые — 508—510.
Галлий, атомный вес — 148, 150—151.
Галлон — 116.
Гарнец — 115.
Гафний, атомный вес — 148, 150—151.
Гектар — 114.
Гектоватт-час — 140.
Генри — 140.
Герберт, твердость — 183.
Геренс-Розебум, диаграмма — 311.
Германское обозначение стали — 239.
Германий, атомный вес — 148, 150—151.
Герц — 127, 145.
Гефнера свеча — 141.
Гейна и Бауэра, способ микроанализа — 197.
Гейна реактив — 196.
Гильзы для станков, применяемая сталь — 301.
Гипербола, определение — 94.
» основные элементы — 103.
» способы построения — 94—95.
Гиперболическая спираль, основные элементы — 106.
» спираль, построение — 96.
Гипоциклоида, основные элементы — 105.
» построение — 98—99.
Гипс, коэфициент линейного расширения — 137.
» теплоемкость — 136.
» формула — 152.
Глицерин, температура кипения — 133.
» температура плавления — 134.
» формула — 152.
Глухари — 499.
Гольмий, атомный вес — 148, 150—151.
Гравировальные резцы, применяемая сталь — 308.
Град — 126.
Градусы Боме — 155.
Градус (единица угла) — 126.
Грамм-калория — 135.
Гран — 116.
Графит, теплоемкость — 136.
Греческий алфавит — 46.
Громкость звука — 145.
Гука закон — 163.
Гумфри реактив — 196.
Гюльдена правило — 110.

Давление, единицы — 128.
Двутавровое железо — 407.
Декапированное железо — 248, 249—250.
» двойное железо, вязкость по Эриксену — 189.
» простое железо, вязкость по Эриксену — 189.
Деление — 47.
Деление окружности — 89.
Делимое — 46.
Делимость, признаки — 44.
Делитель — 46.
Дельта-металл — 362.
» -металл, температура плавления — 134.
Дерево, допустимые напряжения — 212.
» удельный вес — 156.
Детали машин — 461 и след.
» машин, сокращенные обозначения — 7—8.
Десятина — 115.
Деформация, критический коэфициент — 318.
» металла, исследование реактивом Фри — 197.
Джоуль — 129, 131, 140.
Диаграмма состояния железо-углеродистых сплавов — 310.
Диаметральный шаг — 579.
Дилятометры — 323.
Дина — 127.
Динас — 241.
Директриса параболы — 93.
Диспрозий, атомный вес — 148, 150—151.
Длина, сокращенные обозначения — 3.
Догнать — 294.
Доля — 115.
Допуски для калибров для резьбы Эдисона — 709.
» для резьбовых калибров по DIN — 695—702.

Допуски для резьбовых контр-калибров колец по Промст — 694.
» для резьбовых контр-калибров пробок по Промст — 693.
» для резьбовых рабочих колец по Промст — 692.
» для резьбовых рабочих пробок по Промст — 691.
» для резьбы в Германии — 656
» для резьбы, единицы допусков — 656.
» для резьбы, 1-й класс точности 657, 672.
» для резьбы, плотная посадка — 657—658.
» для резьбы по DIN, таблицы — 671—677.
» для резьбы, таблицы — 609—679.
» для резьбы, теория — 652—659.
» на изготовление и износ резьбовых калибров — 688—702.
Допустимые напряжения — 203—215.
» напряжения в строительном деле — 210—215.
» напряжения для дерева — 212.
» напряжения для камней — 213.
» напряжения на сдвиг — 166.
» напряжения при кручении — 167.
» напряжения отливок, применяемых в строительстве — 214.
Доски волочильные, применяемая сталь — 300.
Драхма — 116.
Дроби десятичные, кубичные корни — 11, 13.
DIN 11—607, 608.
» 12—607, 608.
» 13—608, 609.
» 14—606, 608—609.
» 21—610.
» 103—608.
» 122—543.
» 239—629.
» 240—630.
» 241—606.
» 242—607.
» 243—606, 610.
DIN 259—610.
» 259—610.
» 260—610.
» 268—544—548.
» 271—544—545
» 304—543.
» 371—610.
» 378—608.
» 379—608.
» 405—649.
» 513—648.
» 516—624.
» 517—624.
» 518—624.
» 519—624.
» 520—624.
» 521—624.
» 667—417.
» 2244—671.
» 4649—651.
» E 912—497.
» E 913—506.
» E 914—506.
» E 2075—523—524.
» DVE 430—648.
Дуга окружности, длина — 90—92.
Дуралюминий — 380—383.
» допустимое напряжение — 206.
» зависимость R_z от R_k — 166.
» зависимость между σ_b и H_B — 174.
» коэфициент линейного расширения — 137.
» механические свойства — 381, 382.
» обрабатываемость — 382—383.
» отжиг — 383.
» сортамент лент — 457.
» сортамент листов — 455.
» сортамент прутков — 442.
» удельный вес — 157.
» улучшение — 382.
» химический состав — 380.
Дурана-металл — 362.
Дюйм — 115, 118—119.
Дюймы в миллиметрах — 117.
» тысячные доли в миллиметрах — 119.

Европейский ковкий чугун — 235.
Европий, атомный вес — 148, 150—151.
Единица допусков для резьбы — 654, 656.

Единицы акустические — 145—146.
» основные — 125—146.
» световые — 140—142.
» тепловые — 131—139.
» электрические — 139—140.
Едкий натр, формула — 152.
Емкость, электрические единицы — 140.

Железо, аллотропические формы — 310.
» Армко — 247—248.
» атомный вес — 148, 150—151.
» белое глянцевое — 433.
» влияние на свойства латуни — 362.
» влияние на свойства меди — 352.
» влияние на свойства нейзильбера — 373.
» влияние на свойства оловянной бронзы — 368.
» Вотерена — 410.
» вязкость по Эриксену — 189.
» двутавровое — 407.
» декапированное — 248, 249—250.
» зетовое — 409, 410.
» Зоре — 410.
» колонное — 410.
» квадрантное 410.
» квадратное — 421.
» константан, термоэлементы — 347.
» корытное — 408.
» коэфициент линейного расширения — 137.
» коэфициент Пуассона — 165
» кровельное оцинкованное — 433.
» кровельное черное — 433.
» круглое — 413.
» листовое толстое — 430.
» листовое тонкое — 432.
» листовое шахматное и волнистое — 435.
» листовое, ширина и длина — 432.
» модуль сдвига — 166.
» модуль упругости — 164.
» овальное — 410.
» оконное — 410.
» полосовое — 426—427.
» полукруглое — 410.
Железо сварочное, искры при шлифовании — 202.
» сегментное — 410.
» скрытая теплота плавления — 136.
» тавровое — 410.
» твердость по Мосу — 184.
» твердость по Шору — 185.
» температура кипения — 133.
» температура плавления — 134.
» теплоемкость — 136.
» терминология — 237.
» угловое неравнобокое — 406.
» угловое равнобокое — 404—405.
» удельный вес — 157.
» цементит диаграмма — 311.
» швеллерное — 408.
» широкополосное (универсальное) — 430.
Женелит — 366.
Жесть белая — 434.
» белая, вязкость по Эриксену — 189.
Жир паяльный — 399.

Загиб, проба — 189.
Загибание труб — 190.
» дуралюминия — 383.
Закалка алудура — 387.
» алюминия — 382.
» конструирование закаливаемых деталей — 330.
» коробление — 331.
» критическая скорость охлаждения — 325.
» латуни — 360.
» местная — 329.
» оловянной бронзы — 368.
» охлаждающие вещества — 325.
» по Льюису — 329.
» предварительный отжиг — 319.
» с двойным охлаждением — 329.
» стали — 321—322.
» сосуды для охлаждения — 326
» специального чугуна 234.
» способы нагревания — 324.
» способы охлаждения — 327—329
» структура закаленной стали — 313.
» температура для инструмен

тальной углеродистой стали — 316.
Закалка, температура нагревания — 321—322.
» увеличение твердости по Герберту — 332.
Заклепки — 515—522.
» выбор длины — 516.
» диаметр в зависимости от толщины листа — 515.
» допустимые напряжения — 211, 212.
» кольчугалюминиевые — 522.
» нормализация — 517—522.
» расчет швов — 515—516.
Запас прочности — 203.
Затачивание пластинок из победита — 296.
» резцов из видиа — 293.
» резцов из видиа-х — 292.
» резцов из стеллита — 290.
Зацепление внутреннее — 573.
Звук, влияние на производительность труда — 145.
» высота — 145.
» громкость — 145.
» издаваемый зубчатой передачей — 146, 600.
» сила — 145.
Зегера конуса — 347—348.
Зенкера, твердость по Роквеллу—182.
» применяемая сталь — 229.
Зеркальная бронза — 368.
Зетовое железо — 409, 410.
Знаменатель геометрической прогрессии — 572.
Золотник — 115.
Золото — 149.
» атомный вес — 148, 150—151.
» коэфициент линейного расширения — 137.
» температура плавления — 134.
» теплоемкость — 136.
» удельный вес — 157.
» твердость по Шору — 185.
Зоре железо — 140.
Зубчатые колеса — 564—602.
» колеса, английские обозначения — 580.
» колеса винтовые — 586—592.
» колеса, диаметральный шаг — 579.
» колеса конические — 583—586.
» колеса, передаточное число — 571—573.
Зубчатые колеса, применяемая бронза — 363.
» колеса, применяемая никелевая сталь — 256.
» колеса, применяемая сталь — 302.
» колеса, применяемая хромистая сталь — 265.
» колеса, проверка зубцов — 581—582.
» колеса, размер зубцов — 578.
» колеса, расчет — 568—569.
» колеса, расчет на прочность — 574—577.
» колеса, терминология — 564.
» колеса, толщина зубцов — 571.
» колеса, точность изготовления — 598—600.
» колеса, число зубцов — 570—571.
» колеса, число оборотов — 573.
» колеса шевронные — 592.
Зубила, твердость по Роквеллу — 182.
Зубцы подрезанные — 567, 569—570.
» утолщенные — 567, 569—570.
» фау — 567.

Известь, формула — 152.
Изгиб продольный — 217.
Изгибу сопротивление чугуна, влияние содержания P — 225.
» сопротивление чугуна, зависимость от содержания C и Si — 224.
Излом баббитов — 392.
» стали — 278.
Измерительный инструмент, применяемая сталь — 303—304.
Измерение среднего диаметра резьбы — 712—716.
» твердости прибором Польди — 179.
» температуры — 131, 346—348.
» угла между сторонами нарезки — 710—712.
Износ, испытание — 194.
Изод, брусок — 168.
Иллиний, атомный вес — 148, 150—151.
Инвар — 264, 303—304.
» коэфициент линейного расширения — 137.
» температура плавления — 134.

Индий, атомный вес — 148, 150—151.
Индукция взаимная, единицы — 140.
Инструментальная сталь, сортамент завода «Электросталь» — 428.
Инструменты измерительные, применяемая сталь — 303—304.
» резьбовые, применяемая сталь — 305.
» твердость по Роквеллу — 182.
Иридий, атомный вес — 148, 150—151.
» коэфициент линейного расширения — 137.
» температура плавления — 134.
ISA мелкая резьба — 606.
Искры, испытание стали — 201—202.
Испытание вязкости по Эриксену — 188.
» ковкого чугуна — 236 — 237.
» листов на двойной кровельный замок — 194.
» листовых пружин — 194.
» магнитным полем — 199—200
» материалов — 162—203.
» металлов рентгенографическое — 200—201.
» механических свойств чугуна, форма образцов — 224—230.
» на износ — 194.
» на перегиб — 193.
» на расплющивание — 191—192.
» на растяжение — 162—165
» на растяжение кольчугалюминия — 384.
» на сжатие — 168.
» обрабатываемости — 187.
» проволоки на навивание — 192—193.
» проволоки на перегиб — 254, 255, 256
» проволоки скручиванием — 192, 253, 254, 255, 256.
» сопротивления усталости — 169.
» стали при помощи искр — 201—202.
» твердости — 172—186.
» твердости напильником — 185.
» технологических свойств — 187—194.
» травлением — 199.
» труб на бортование — 191.
Испытание труб на загиб — 190.
» труб на обжатие — 191.
» труб на раздачу — 190.
» труб на сплющивание — 191.
» ударного сопротивления — 168.
» фасонного материала на развертывание — 190.
» чугуна на изгиб — 231, 299.
» шариков к прессу Бринелля — 174.
Иттербий, атомный вес — 148, 150—151.
Иттрий, атомный вес — 148, 150—151.

Кадмий, атомный вес — 148, 150—151.
» влияние на свойства припоя — 397.
» влияние на свойства серебряного припоя — 400.
» скрытая теплота плавления — 136.
» температура кипения — 133.
» температура плавления — 134.
Калибр Броун и Шарпа для проволоки — 418—420.
Калибры для проволоки и тонких листов — 417—418.
» концевые, твердость по Роквеллу — 182.
» применяемая сталь — 304.
» резьбовые — 680—710.
» резьбовые, применяемая сталь — 304.
Калий, атомный вес — 148, 150—151.
» температура плавления — 134.
» хлористый, формула — 153.
Калильные цвета — 323.
Калит — 372.
Калорический эквивалент работы — 135.
Калория — 135.
Кольчугалюминий — 383—384.
» заклепки — 522.
» механические свойства — 383—384.
Кальций, атомный вес — 148, 150—151.
» свойства — 147.
» температура плавления — 134.
» хлористый, формула — 153.

Кальций цианистый, формула — 153.
Калий, свойства — 147.
Камни, допустимые напряжения — 213.
Канифоль — 399.
Карат — 114.
Карбид вольфрама — 209—298.
» вольфрама, твердость по Мосу — 184.
» железа — 312.
» молибена — 294.
» тантала — 294.
» титана — 294.
Карболой — 292—294.
Карборунд, формула — 152.
Карбюризация — 337.
Каучук, температура плавления — 134.
Квадрат, основные элементы — 99.
Квадрантное железо — 410.
Квадратное железо — 421.
Кварц, коэфициент линейного расширения — 137.
Квинтал — 113.
Кельвина шкала — 131.
Кернера, твердость по Роквеллу — 182.
Киловатт — 130, 131.
» час — 129, 140.
Килограмм — 126.
» вес — 128.
» калория — 135.
Килограммометр — 129, 130, 131.
Килоджоуль — 129.
Километр — 114, 118—119.
Кипения скрытая теплота — 136, 137.
» температуры — 133.
Кирпич, допустимые напряжения — 213.
Кислая сталь — 241.
Кислород, атомный вес — 148, 150—151.
» влияние на свойства инструментальной стали — 285.
» скрытая теплота кипения — 137.
» температура кипения — 133.
» температура плавления — 134.
Кислота азотная, формула — 152.
» паяльная — 397.
» серная, формула — 153.
Кислотоупорный чугун — 224—233.
Клин, основные элементы — 108.
Клинкер, допустимые напряжения — 213.
Ключи гаечные, размер «под ключ» — 514—515.
Кобальт, атомный вес — 148, 150—151.
» влияние на свойства б-стали — 286.
» коэфициент линейного расширения — 137.
» температура плавления — 134.
Ковка модель-металла — 373.
» никеля — 370.
» температура б-стали — 336
» температура для углеродистой инструментальной стали — 136.
» электрона — 385.
Ковкий чугун — 234—237.
Количество света — 141.
» тепла — 135.
» электричества — 140.
Колокольная бронза — 367.
Колонное железо — 410.
Кольцевой сектор, основные элементы — 102.
Кольцо, основные элементы — 102.
Кондукторные втулки, твердость по Роквеллу — 182.
Конические колеса — 583—586.
» колеса, расчет — 584.
Константан — 371.
» коэфициент линейного расширения — 137.
» сортамент — 459.
Конструирование закаливаемых деталей — 330.
» стальных отливок — 275—276.
Конус, основные элементы — 108.
» усеченный, основные элементы — 108.
Конуса Зегера — 347—348.
Копер Изода — 168—169.
» Шарпи — 168—169.
Корни — 38, 48.
» из чисел — 46.
» кубичные из десятичных дробей — 11, 13.
Коробление при закалке — 331.
Корунд, твердость по Мосу — 184.
» удельный вес — 157.
» формула — 152.
Корытное железо — 408.
Косинус — 57, 58, 62—84.
Косы, применяемая сталь — 307.

Котангенс — 57, 58, 62—84.
Коэфициент безопасности — 203.
» безопасности при продольном изгибе — 217.
» измельчения резьбы — 606.
» использования освещенности — 143.
» линейного расширения — 136, 137.
» объемного расширения — 137.
» полезного действия зубчатых колес — 573.
» полезного действия передачи с натяжным роликом — 659.
» полезного действия ременной передачи — 555.
» полезного действия червячной передачи — 597.
» Пуассона — 165.
» расширения при нагревании инвара — 304.
» расширение при нагревании манганина — 372.
» сдвига — 166.
» трения в червячной передаче — 597.
» трения кожи по чугуну — 556.
» удлинения — 164.
Красное литье — 368—369.
» литье, усадка при отливке — 138.
Красный Путиловец завод, марки б-стали — 288.
» Путиловец завод, марки у-стали — 280—281.
Кремне-марганцовая сталь для пружин — 302.
Кремний влияние на свойства латуни — 362.
» влияние на свойства чугуна — 223—224.
» влияние на содержание графита в чугуне — 224.
» температура плавления — 131.
Кремнистая сталь — 269—270.
Кривые, способы построения — 93—99.
Крип — 270.
Критический коэфициенты деформации — 318.
Критическая скорость охлаждения при закалке — 325.
Критические температуры — 310.
» температуры стали, обозначения — 313.
Критические температуры отжига — 318.
Кровельное железо — 433.
Круг, основные элементы — 101.
» формулы — 88—89.
Круги, площади — 12—38.
Круглая резьба — 649.
Круглое железо — 413.
Круговая мера углов — 126.
Крутящий момент — 167.
» момент в червячной передаче — 597.
Кручение, временное сопротивление — 167.
» сопротивление чугуна — 230.
Кулон — 140.
Купорос железный, формула — 153.
Курбатова реактив — 198.

Лампы накаливания — 142.
» электрические, температура накала — 135.
Лантан, атомный вес — 148, 150—151.
Латериты — 374
Латунь — 353—362.
» алюминиевая — 379.
» вес листов — 437.
» влияние примесей — 362.
» вязкость по Эриксену — 189, 356.
» для горячего штампования — 360.
» для волочения — 361.
» для вырубания — 361
» для вытягивания — 361.
» для отливок — 360—361.
» допустимые напряжения — 206—208.
» закалка — 360.
» коэфициент линейного расширения — 137.
» механические свойства — 356—357, 358—359.
» обрабатываемость — 360—361
» отжиг — 357.
» сортамент квадратных прутков — 446—447.
» сортамент круглых прутков — 438—439, 440, 441.
» сортамент лент — 457, 458.
» сортамент листов — 449, 450.
» сортамент проволоки — 443—444.
» сортамент труб — 460.

Латунь, сортамент шестигранных прутков — 447—448.
» твердость по Герберту — 183.
» твердость по Шору — 185.
» теплоемкость — 136.
» удельный вес — 157.
» усадка при отливке — 138.
Латунные припои — 400.
Лауталь — 385—386.
» допустимые напряжения — 206.
Левенгерца резьба — 609, 631.
Легкоплавкие сплавы — 392.
Ледебурит — 312, 315.
Ленты из цветных металлов — 456—459.
» стальные, передача — 602.
Ликвидус — 311.
Линия — 115, 118—119.
Линотип, сплав — 392.
Листовое железо, сортамент — 430—432.
» железо шахматное и волнистое — 435.
» железо, ширина и длина — 432.
Листы железные — 430—435.
» из цветных металлов — 449—456.
» металлические, вес — 437.
Литейный чугун — 223, 226, 227, 228, 232—233.
Литий, атомный вес — 148, 150 — 151.
Литр — 113, 114.
Литье красное — 368—369.
Логарифмическая спираль, построение — 96—97.
» спираль, основные элементы — 106.
Логарифмы — 14—38, 54—57.
» десятичные — 14—38.
» натуральные, основание — 45.
Лот — 115.
Лошадиная сила — 130, 131.
Льюиса, способ закалки — 329.
Люкс — 142.
Люмен — 141.
» час — 141.
Лютеций, атомный вес — 148, 150 — 151.

Магналий — 379.
» коэфициент линейного расширения — 137.
Магналий, механические свойства — 380.
» температура плавления — 134.
» усадка при отливке — 138.
Магний, атомный вес — 148, 150—151.
» влияние на свойства дуралюминия — 380.
» коэфициент линейного расширения — 137.
» свойства — 147.
» твердость по Мосу — 184.
» температура кипения — 133.
» температура плавления — 134.
» удельный вес — 157.
Магнитная сталь — 257, 264.
» хромистая сталь — 265.
Магнитным полем испытание деталей — 199—200.
Магниты, применяемая вольфрамовая сталь — 268.
» применяемая сталь — 308.
Мазурий, атомный вес — 148, 150—151.
Макро- и микроанализ — 194—203.
Макроскопическое исследование — 195—197.
Манганин — 372.
Мантисса логарифма — 55.
Марганец — 149.
» атомный вес — 148, 150—151.
» влияние на свойства инструментальной стали — 285.
» влияние на свойства латуни — 362.
» влияние на свойства меди — 352.
» влияние на свойства оловянной бронзы — 368.
» влияние на свойства чугуна — 224.
» влияние на температуру отжига стали — 315.
» влияние на цементацию — 338, 339.
» температура кипения — 133.
» температура плавления — 134.
» удельный вес — 157.
Марганцовая бронза — 372.
» сталь — 268—269.
» сталь, температура отжига — 315.
Марганцовистая бронза — 367.
» медь — 352.
Марганцово-хромистая сталь для резьбовых инструментов — 305.

Мартенсит — 313, 315.
Мартеновская инструментальная сталь — 277—278.
» инструментальная сталь, стоимость — 309.
» сталь — 241, 282.
Масло льняное, температура кипения — 133.
» льняное, температура плавления — 134.
» машинное, теплоемкость — 136.
Масса, сокращенные обозначения — 3—4.
Массы пластические — 394—396.
Математика — 11—111.
» сокращенные обозначения — 1—2.
Материалы, испытание — 162—203.
Матрикс, сплав — 392.
Матрицы, способ охлаждения при закалке — 328.
Мегабария — 128.
Мегадина — 127, 128.
Медь — 349 — 352.
» атомный вес — 148, 150—151.
» вес листов — 437.
» влияние на свойства баббита — 389.
» влияние на свойства дуралюминия — 380.
» влияние на свойства инструментальной стали — 285.
» влияния примесей — 352.
» вязкость по Эриксену — 189, 351.
» допустимые напряжения — 205, 206.
» зависимость механических свойств от наклепа — 350.
» константан, термоэлементы — 347.
» коэфициент линейного расширения — 137.
» коэфициент Пуассона — 165.
» красная, сортамент круглых прутков — 438—439, 440.
» сортамент проволоки — 443—444.
» сортамент шестигранных прутков — 447—448.
» марганцовистая — 352.
» механические свойства — 349—350.
» модуль сдвига — 166.
Медь, модуль упругости — 164.
» обрабатываемость — 351—352.
» отливка — 352.
» паяние — 351.
» применение — 349.
» прочность при высоких температурах — 350—351.
» реактив для исследования — 198.
» сварка — 351.
» скрытая теплота плавления — 136.
» сортамент квадратных прутков — 446—447.
» твердость по Герберту — 183.
» твердость по Мосу — 184.
» твердость по Шору — 185.
» температура кипения — 133.
» температура отжига — 350.
» температура плавления — 134.
» травление — 321.
» удельный вес — 157.
» усадка — 352.
» усадка при отливке — 352.
Медно-никелевые сплавы — 371.
» никелевые сплавы, сортамент листов — 454—455.
Международные электрические единицы, сокращенные обозначения — 9—10.
Мельхиор — 371.
» сортамент лент — 459.
Менаже брусок — 168.
Мера и вес — 112—124.
Мерика реактив — 198.
Меры английские — 116.
» метрические — 112, 114.
» старые русские — 113, 115.
Местная закалка — 329.
Металлы для строительных целей — 210.
» содержание на земле — 149.
» цветные — 349 и сл.
Метр — 125.
Метрическая резьба мелкая по DIN — 624.
Метрическая система мер — 112, 114.
Метчики, твердость по Роквеллу — 182.
Механические единицы абсолютной системы, сокращенные обозначения — 10.
» свойства материалов, испытания — 162—172.

Механические свойства углеродистой стали — 242—246.
Механический эквивалент тепла — 135.
Микроскоп, нормализация увеличений — 199.
Микроскопическое исследование — 197—199.
Микрон — 113, 114.
Миллиметры, сотые доли в дюймах — 118.
Миля английская — 116.
Минута (единица угла) — 126.
Миобий — 147—149.
Мирамант — 289.
Миткальфа способ — 323.
Множители простые — 39—44.
Множитель — 46.
Многоугольники, решение — 88—89.
» основные, элементы — 101.
Модуль зубчатых колес по ОСТ — 573.
» сдвига — 166.
» сдвига, применяемый при расчете пружин — 513.
» упругости — 164.
» упругости для дерева — 213.
» упругости дуралюминия — 382.
» упругости принимаемый при расчете пружин — 531.
» упругости чугуна — 230.
Молибден — 149.
» атомный вес — 148, 150—151.
» влияние на свойства б-стали — 287.
» влияние на свойства инструментальной стали — 285.
» температура плавления — 134.
» удельный вес — 157.
Молибденовая сталь — 270.
Момент инерции, определение — 216.
Момент инерции полярный — 167.
» инерции фигур — 218—220.
» инерции полярный — 167.
» крутящий определение — 216.
» силы, определение — 216.
» сопротивления, определение — 216.
» сопротивления кручению — 167.
» сопротивлению фигур — 218—220.
Монель-металл — 372—373.
Монетная бронза — 368.
Морзе калибр для проволоки — 419—420.
Морская латунь — 354—355.
Мос, твердость — 184.
Мощность, единицы — 131.
» сокращенные обозначения — 4.
» электрические единицы — 140.
Мунц-металл — 353—354.
» сортамент квадратных прутков — 446—447.
» сортамент круглых прутков — 438—439, 440—441.
» сортамент листов — 451, 452.
» сортамент шестигранных прутков — 447—448.
Мураками реактив — 198.
Мышьяк, атомный вес — 148, 150—151.
» влияние на свойства инструментальной стали — 285.
» влияние на свойства меди — 352.

Навивание, испытание проволоки — 192—193.
Нагревание при закалке — 324.
Нагрузки для пресса Бринелля — 173.
Нагрузка допустимая строений — 215.
Надрезы, влияние на сопротивление усталости — 171.
Надэвтэктические железо-углеродистые сплавы — 312.
Наждак, формула — 153.
Напильники испытание твердости — 185.
» способ охлаждения при закалке — 328.
» применяемая сталь — 307.
» профиль стали — 411—412.
Напряжение электрическое единицы — 139—140.
Напряжения допускаемые — 203—215.
» допускаемые в зубчатых колесах — 576.
» допускаемые для ремней — 560.
» допускаемые в строительном деле — 210—215.
» допускаемые для хлопчатобумажных ремней — 554.
» допускаемые на смятие для шпонок — 532.

Напряжения допускаемые при расчете пружин — 531—532.
» допускаемые при червячной передаче — 597.
» нормальные — 164.
» растягивающие — 163—165.
» сдвигающие — 166.
» скручивающие — 167.
Натрий, атомный вес—148, 150—151.
» свойства — 147.
» твердость по Мосу — 184.
» температура плавления — 134.
Натро-кальциевый баббит — 389.
Натяжные шкивы — 559.
Нейзильбер — 373.
» коэфициент линейного расширения — 137.
» реактив для исследований—198.
» сортамент лент — 459.
» травление — 321.
» усадка при отливке — 138.
Немецкий сплав — 387.
» сплав, усадка при отливке — 138
Неодим, атомный вес — 148, 150—151.
Неперовы логарифмы — 55.
Нержавеющая сталь, обрабатываемость — 266—267.
» сталь, травление — 321.
» хромистая сталь — 265—266
» хромоникелевая сталь — 264.
Никелевая бронза — 372.
» сталь — 256—259.
» сталь, обрабатываемость—257.
» сталь, температура отжига — 315.
Никелевые сплавы — 370—374.
Никелевый чугун — 234.
Никелин — 371.
» сортамент лент — 459.
Никель — 369—370.
» атомный вес — 148, 150—151.
» влияние на свойства оловянной бронзы — 368.
» влияние на свойства латуни — 362.
» влияние на свойства меди — 352.
» влияние на свойства нейзильберга — 393.
» влияние на свойства чугуна — 225.
» влияние на температуру отжига стали — 315.
Никель, влияние на цементацию — 338, 339.
» вязкость по Эриксену — 370.
» ковка — 370.
» коэфициент линейного расширения — 137.
» -нихром, термоэлементы — 347.
» обрабатываемость — 370.
» отжиг — 370.
» реактив для исследования—198.
» температура плавления — 134.
» теплоемкость — 136.
» травление — 321.
» усадка при отливке — 138.
Ниобий, атомный вес — 148, 150—151.
Нитрирование — 270—272.
» размягчение слоя — 271—272.
Нитрированная сталь, применяемая бронза для подшипников для осей из нитрированной стали — 367.
Нихром — 370.
Наждак, удельный вес — 157.
Ножовочные полотна, твердость по Роквеллу — 182.
Нормализация резьб — 605—611.
» стали — 320—321.
» стали, продолжительность — 320.
» стали, температура — 321.
Нормальная твердость по Бринеллю — 174.
Нормальные напряжения — 163.
Ньютон, бином — 50.

Обезуглероживание, предохранение от него инструмента — 324—325.
Обелиск, основные элементы — 109.
Оберхофера реактив — 196.
Обжатие труб, испытание — 191.
Обозначение марок сталей — 238—239.
» сокращенное основных величин — 1—10.
» химических элементов — 148.
Обрабатываемость автоматной стали — 247.
» алюминия — 377—378.
» американского сплава — 386.
» бакелита — 396.
» дуралюминия — 382—383.
» испытание — 187, так же т. II.

Обрабатываемость латуни—360—361.
» магния — 379.
» меди — 351.
» нейзильбера — 373.
» немецкого сплава — 387.
» нержавеющей стали — 266—267.
» никелевой стали — 257.
» никеля — 370.
» стальных отливок — 237, 275.
» углеродистой стали — 247.
» хромистой стали — 257.
» чугуна — 231, 334.
» электрона — 384, 385.
Обработка металла, сокращенные обозначения — 9.
Объем, сокращенные обозначения — 3.
» сыпучих тел — 162.
» тела вращения — 110.
» шаров — 111.
Овальное железо — 410.
Окошное железо — 410.
Окраска стали по маркам — 238 (см. т. II).
Окружность, длина — 12—38.
Олово — 363—364.
» атомный вес — 148, 150—151.
» белое — 364.
» влияние на свойства латуни — 362.
» коэфициент линейного расширения — 137.
» механические свойства — 363.
» отливка — 363.
» серое — 364.
» скрытая теплота плавления — 136.
» твердость по Герберту — 183.
» твердость по Мосу — 184.
» твердость по Шору — 185.
» температура кипения — 133.
» теплоемкость — 136.
» температура плавления — 134.
» усадка при отливке — 138.
Оловянные сплавы для литья под давлением — 388.
Ом — 139.
Оправки токарные, твердость по Роквеллу — 182.
Оптика, сокращенные обозначения — 5.
Оптические пиромстры — 347.
Орудийная артиллерийская сталь — 239.
Осадка, проба — 189.
Освещенность — 141—142
» искусственная, расчет — 143—144.
» требуемая — 143.
Осмий — 148, 150—151.
Осмондит — 314. 315.
Основание натуральных логарифмов — 45.
Основная сталь — 241.
Особо твердые сплавы, см. быстрорежущие сплавы.
ОСТ 8—413.
» 9—421.
» 13—426—427.
» 14—404—405.
» 15—406.
» 16—407.
» 17—408.
» 18—430.
» 19—430.
» 20—432.
» 22—433.
» 24—434.
» 25—433.
» 26—435.
» 28—433.
» 29—410.
» 32—606, 613.
» 33-а—607, 625.
» 33-б—607, 626—627.
» 88—389, 390.
» 94—606, 612.
» 95-а и 95-б—514—515.
» 132—472.
» 133—472.
» 134—472.
» 135—472.
» 136—481—482.
» 137—481—482.
» 138—481—482.
» 139—481—482.
» 140—477—478.
» 141—477—478.
» 142—477—478.
» 143—477—478.
» 144—507.
» 145—507.
» 146—507.
» 147—507.
» 148—513.
» 149—513.
» 150—512.
» 169—1, 125.
» 184—517, 518.
» 185—517, 518.
» 186—517.
» 187—517.

OCT 188—498.
» 189—498.
» 190—498—499.
» 191—499.
» 192—499.
» 193—606, 614.
» 195—142.
» 214—491—492.
» 215—496.
» 216—491—492.
» 217—496.
» 218—491—492.
» 219—491—492.
» 232—552.
» 265—228, 231.
» 266—607, 637.
» 267—353.
» 271—606, 616—617.
» 272—607, 618.
» 290—535, 536—537.
» 291—534, 536—537, 541.
» 292—534, 536—537, 542.
» 293—534, 535, 536—537.
» 294—534, 536—537, 538.
» 295—535, 536—537.
» 296—534, 536—537, 539.
» 297—534, 536—537, 540.
» 298—534, 536—537.
» 299—536—537.
» 300—413.
» 301—517, 519.
» 302—517, 520.
» 303—517, 521.
» 304—517.
» 305—517.
» 308—349.
» 312—354—355.
» 319—411.
» 348—365.
» 420—350.
» 421—350.
» 497—227.
» 498—226.
» 500—432.
» 515—1, 139.
» 516—1.
» 528—237.
» 529—415.
» 567—369.
» 573—1.
» 580—235.
» 663—363.
» 681—349.
» 682—352.
» 689—553.
» 714—807.

OCT 719—453—254.
» 720—254.
» 721—254—255.
» 722—255, 256.
» 791—272—273.
» 792—272.
» 970—230, 231.
» 989—522.
» 1251—665.
» 1253—654, 662.
» 1254—660, 665.
» 1255—660, 665.
» 1260—607, 628.
» 1261—654, 661, 668, 669
» 1262—667, 668, 670.
» 1597—573.
» 1600—301.
» 1654—547.
» 1655—558.
» 1656—563.
» 1683—189.
» 1686—189.
» 1687—190.
» 1688—193.
» 1690—191.
» 1691—191.
» 1693—192.
» 1694—190.
» 1695—192—193.
» 1696—192.
» 1697—194.
» 1713—467.
» 1714—465—466.
» 1715—468.
» 1716—469.
» 1717—469.
» 1718—469.
» 1719—469.
» 1720—471.
» 1721—471.
» 1722—471.
» 1723—471.
» 1724—470.
» 1725—476.
» 1726—470, 476.
» 1728—481—482.
» 1729—481—482.
» 1730—481—482.
» 1731—481—482.
» 1732—481—482.
» 1733—481—482.
» 1734—481—482.
» 1735—481—482.
» 1736—481—482.
» 1737—481—482.

ОСТ 2055—501.
» 2057—501.
» 2059—502—503.
» 2061—502—503.
» 2063—502—503.
» 2065—502—503.
» 2069—480.
» 2070—512.
» 2071—512.
» 2072—485.
» 2073—490.
» 2074—490.
» 2408—645.
» 2409—608, 643—644.
» 2410—608, 639—640.
» 2411—608.
» 2492—250.
» 2493—188, 250.
» 2493—188.
» 2563—449.
» 2564—450.
» 2565—451.
» 2566—452.
» 2567—453.
» 2568—456.
» 2569—457.
» 2570—458.
» 2577—416.
» 2582—1.
» 2932—1.
» 2974—443.
» 2975—438—439.
» 2976—438—439.
» 2977—440.
» 2978—441.
» 2979—446—447.
» 2980—446—447.
» 2981—447—448.
» 2982—402.
» 2983—398.
» 2984—401.
» 3299—239.
» 3301—474.
» 3302—474.
» 3303—474.
» 3304—474.
» 3305—479.
» 3306—479.
» 3335—356—357.
» 3336—356.
» 3581—371.
» 3582—373.
» 3583—454—455.
» 3585—459.
» 3972—493—494.
» 3973—493—494.
ОСТ 3974—495.
» 1738—481—482.
» 1739—481—482.
» 1740—481—482.
» 1741—481—482.
» 1742—481—482.
» 1743—481—482.
» 1744—508.
» 1745—508.
» 1746—508.
» 1747—508.
» 1748—508.
» 1749—508.
» 1750—509.
» 1751—509—510.
» 1752—509.
» 1753—509—510.
» 1754—511.
» 1755—511.
» 1756—513.
» 2001—412.
» 2028—375.
» 2051—500—501.
» 2053—500—501.
» 3976—504.
» 3977—504—505.
» 3978—504—505.
» 4001—651.
» 4002—709.
» 4003—709.
» 4004—650.
» 4098—434.
» 4120—607, 619—620
» 4121—607, 621
» 4122—607, 622.
» 4125—238.
» 4270—454.
» 4280—445.
» 4282—445.
» 4600—429.
» 4834—455.
» 4835—457.
» 5092—461—462.
» 5096—461—462.
» 5098—461.
Отжиг алудура — 387.
» алюминия — 376, 377.
» б-стали — 317.
» влияния на величину кристаллов 317.
» дуралюминия — 383.
» стали для улучшения закалки — 319.
» стали для улучшения обрабатываемости — 318.
» ковкого чугуна — 235.

Отжиг, критические температуры — 318.
» латуни, влияние на механические свойства — 357.
» латуни, температура — 357.
» лауталя — 385.
» листовой стали — 318—319
» меди — 350.
» назначение — 314.
» нейзильбера — 373.
» никеля — 370.
» продолжительность — 317.
» скорость охлаждения — 318—320.
» стали — 314—321.
» стальных отливок — 276.
» температура — 314—317.
Отливка из алюминия — 378.
» из дуралюминия — 382
» из дуралюминия, температуры — 383.
» из красного литья температуры — 369.
» из магналия — 379.
» из меди — 352.
» из монель-металла, температура — 373.
» из никеля, температура — 369.
» под давлением, точность — 388.
» под давлением, применяемые сплавы — 387—388.
» применяемая латунь — 360—361.
» усадка металлов — 138.
Относительное удлинение разорванного бруска — 164.
Относительные удлинения при растяжении — 163.
» уменьшение сечения при разрыве — 165.
Относительный сдвиг — 166.
Отпуск — 332—334.
» б-стали — 335.
» в соляных ваннах — 344.
» инструментов, применяемые сплавы — 334.
» различные способы — 332—333.
» температуры — 333—334.
Охлаждающие вещества при закалке — 325.
Очковая резьба — 651.

Палладий, атомный вес — 148, 150—151.
Парабола, определение — 93.
» основные элементы — 103—104.
» способы построения — 93—94.
Параллелограм, основные элементы — 100.
Парафин температура кипения — 133.
» температура плавления — 134.
Патентирование стали — 321.
Патина — 368.
Паяльный жир — 399.
Паяние — 397—403.
» алюминия — 401.
» крепкими припоями — 400.
» меди — 351.
» никеля — 370.
» слабыми припоями — 397—400.
» терминология — 397.
» чугуна — 400.
Перегретая сталь — 331.
Пережженная сталь — 331—332.
Пережог дуралюминия — 382.
Периодическая система элементов — 147, 149, 150—151.
Перлит зернистый — 312, 315.
» зернистый, получение — 318, 319.
» пластинчатый — 312, 315.
» пластинчатый, получение — 320.
Перлитовая сталь — 282.
Пертинакс — 395.
Печи, достигаемая температура — 348.
Пи — 63.
Пилообразная резьба — 647—648.
Пилы дисковые, твердость по Рокведлу — 182.
» для металла, применяемая сталь — 306.
Пирамида усеченная, основные элементы — 108.
Пирометры — 346—347.
Питч — 579.
Пиэз — 128.
Плавления, скрытая теплота — 136.
Пластинки победита — 295.
Пластические массы — 394—396.
Платина, атомный вес — 148, 150—151.
» коэфициент линейного расширения — 137.

Платина, скрытая теплота плавления — 136.
» температура плавления — 134.
» теплоемкость — 136.
» удельный вес — 157.
Платинит — 264.
Плотность, единицы — 126.
Площади кругов — 12—38.
» фигур — 218—220.
» фигур, вычисление — 99—106.
Площадь ограниченная кривой — 110.
» сокращенные обозначения —3.
Победа, марка б-стали — 288.
» марка б-стали, тепловая обработка — 336—337.
Победит — 292—298.
» альфа — 294.
» круги для затачивания — 296—297.
» окисление при нагревании — 298.
» пластинки — 295.
» преимущество перед б-сталью —297.
» припаивание пластинок—297—
» 298.
» стоимость — 294.
» углы заточки резцов — 296.
Побежалые цвета — 334.
Подевтектические железо-углеродистые сплавы — 312.
Поделочная сталь — 237—272.
Подшипники, применяемые баббиты — 391.
» применяемая бронза — 365—367.
» шариковые, применяемый материал — 301.
Показатель степени — 46.
Ползучесть молибденовой стали — 270.
Полосовое железо — 426—427.
» железо для гаек — 429.
Полукруг, основные элементы — 101.
Полукруглое железо — 410.
Полоний, атомный вес — 148, 150—151.
Полутомпак — 354—355.
Польди, прибор для измерения твердости — 179.
Полюс гиперболической спирали — 96.
Полярный момент инерции — 167.
Понселе — 131.
Поперечное сжатие при растяжении — 164.
Построение кривых — 93—99.
Поток световой — 141.
Пояс шаровой, основные элементы — 108.
» шаровой, поверхность и объем — 111.
Празеодим, атомный вес — 148, 150—151.
Предел пропорциональности — 165.
» текучести — 165.
» текучести, ковкого чугуна — 237.
» текучести разных металлов — 206, 208.
» упругости — 165.
» усталости — 169.
» усталости различных металлов — 207, 208.
Призма для прибора Виккерса — 179.
» основные элементы — 107.
Припаивание пластинок из победита — 297—298.
Припои крепкие — 400.
» латунные — 400.
» оловянисто-свинцовые — 398.
» серебряные — 402.
» слабые — 397.
Проба на загиб — 189.
» на осадку — 189.
Пробки калиберные, применяемая сталь — 304.
» калиберные, твердость по Роквеллу — 182.
Проволока алюминиевая для заклепок, сортамент — 445.
» алюминиевая обычного назначения, сортамент — 445.
» для измерения среднего диаметра резьбы — 714.
» допуски — 253, 254, 255.
» железная канатная — 416.
» из цветных металлов, сортамент — 443—444.
» испытание навиванием — 192—193.
» испытание на перегиб — 193, 254, 255, 256.
» испытание на перегиб — 193, 254, 255, 256.
» мартеновской стали — 253.
» применяемая сталь — 307.
» различных калибров — 419—420.

Проволока серебрянка — *417*.
» стальная марки ВС — 254—255.
» стальная марки К — 254.
» стальная марки ОВС — 255—256.
» стальная марки Р — 253—254.
» стальная обыкновенная — 415.
» стоимость — 253.
» тигельной стали — 253.
» *фортепианная — 301*.
Прогиб балок, расчет — 221.
» чугунных образцов — 229, 231.
Прогонки, твердость по Роквеллу—182.
Прогрессии — 53—54.
Произведение — 46.
Промст. 323—372, 378—379.
» 997—468.
» Инстр. 60—680, 682—683.
» *Инстр. 67—704*.
» Инстр. 68—704.
» Инстр. 78—705.
» Инстр. 80—705.
» Инстр. 82—706—707.
» *Инстр. 83—706—707*.
» Инстр. 95—691.
» Инстр. 96—692.
» Инстр. 97—693.
» Инстр. 98—694.
» *Инстр. 98—694*.
» Инстр. 100—681.
» Инстр. 101—685.
» Цвет. Мет. 34—351.
» Цвет. Мет. 35—350.
» *Цвет. Мет. 36-37—376*.
» Цвет. Мет. 41—384.
» Цвет. Мет. 62—442.
» Цвет. Мет. 63—381.
Пропорциональности предел — 165.
Протактиний — 148, 150—151.
Протяжки, применяемая сталь—306.
Прочности запас — 203.
Пружины — 523—532.
» допустимые напряжения — 531.—532.
» комбинированные — 523.
» конические — 529.
» листовые, испытание — 194
» листовые, расчет — 531.
» *модуль сдвига — 531*
» модуль упругости — 531.
» параболические — 529.
» применяемая бронза — 365, 368.
Пружины применяемая сталь — 301—302, 307.
» применяемая кремнистая сталь —269.
» применяемая марганцевая сталь —268.
» применяемая хромистая сталь—265.
» работающие на изгиб — 530—531.
» *спиральные* — 530.
» усилия — 526—527, 528.
» цилиндрические — 523—528.
» цилиндрические, допуски — 528.
» *цилиндрические*, начальные напряжения — 523, 528.
» цилиндрические, нормализация —524.
» цилиндрические, оправки для навивания — 528.
» цилиндрические, таблицы для расчета — 526—527.
» цилиндрические, *формулы для* расчета — 524—525.
Прутки дуралюминиевые — 442.
» квадратные цветных металлов, сортамент — 446—447.
» круглые цветных *металлов*, сортамент — 438—442.
» шестигранные цветных металлов, сортамент — 447—448.
Прямоугольник, основные элементы — *100*.
Пуассона коэфициент — 165.
Пуд — 115.
Пудлинговое железо, обрабатываемость — 247.
Пуды в килограммах — 120.
Пустотные лампы — 142.
Путиловец Красный, завод, сорта инструментальной б-стали — 288.
» *завод, сорта инструментальной* у-стали — 280—281.
Пушечная бронза — 367.

Работа, единицы — 129.
» калорический эквивалент — 135.
» *сокращенные обозначения* — 4.
» электрического тока, единицы — 140.
Радий, атомный вес — 148, 150—151.
Развертки, применяемая сталь—299.

Развертки, способ охлаждения при закалке — 328.
» твердость по Роквеллу — 182.
Развертывание, испытание фасонного материала — 190.
Раздача труб, испытание — 190.
Разность — 46.
Разрыв, временное сопротивление — 165.
» сопротивление ковкого чугуна — 237.
» сопротивление чугуна — 229, 230.
» сопротивление чугуна, зависимость от содержания C и Si — 224.
Рамет — 294.
Расплющивание, испытание — 191—192.
Раствор твердый — 312.
Растягивающие напряжения — 163, 165.
Растяжение, испытание — 162—165.
Расширение тел от нагрева — 136.
Рашпили, применяемая сталь — 397.
Реактив Гейна — 196.
» Гумфри — 196.
» Ижевского — 198.
» Курбатова — 198.
» Мерика — 198.
» Мураками — 198.
» Оберхофера — 196.
» Розенгейна — 197.
» Стеда — 198.
» Фри — 197.
» Яцевича — 198.
Резильянс — 168.
Резцы гравировальные, применяемая сталь — 308.
» заточка для нержавеющей стали — 266.
» из видиа-*х* — 292.
» из победита — 296.
» из стеллита — 290.
» применяемая сталь — 299.
» твердость по Роквеллу — 182.
Резьба — 603—716.
» Акме — 608, 646.
» американская мелкая — 636.
» американская нормализованная — 633.
» американская остроугольная — 635.
» британская мелкая — 636.
» BSF — 610.
Резьба, велосипедная английская — 633.
» выход — 465—466.
» диаметры шариков для проверки — 681.
» для очков — 651.
» для трубок для проводов — 646.
» допуски — 652—679.
» допуски по ОСТ — 653—656, 660—670.
» дюймовая — 625—630.
» дюймовая мелкая по DIN — 629—630.
» дюймовая по ОСТ 1260 — 628.
» дюймовая по ОСТ 1260, допуски — 668—670.
» измерение среднего диаметра — 712—716.
» измерение угла между сторонами нарезки — 710—712.
» косая — 605.
» круглая — 649.
» Левенгерца — 609, 631.
» мелкая, нормализация — 606—607.
» мелкая, допуски — 658—659, 663—664, 676—677.
» мелкая ОМП — 632.
» мелкая, расчет высоты гайки — 664.
» метрическая — 612—624.
» метрическая мелкая 1-ая — 616—617.
» метрическая мелкая 2-я — 618.
» метрическая мелкая 3-я — 619—620.
» метрическая мелкая 4-я — 621.
» метрическая мелкая 5-я — 622.
» метрическая мелкая, сводная таблица по ОСТ — 623.
» метрическая от 1 до 5 *мм* — 612.
» метрическая от 6 до 68 *мм* — 613.
» метрическая от 72 до 600 *мм* — 614—615.
» метрическая по ОСТ 32, допуски — 661—662, 666—667.
» метрическая по ОСТ 94, допуски — 660, 665.
» метрическая по ОСТ 193, допуски — 662.
» метрическая электроарматурная — 650.

Резьба нормализация — 605—611.
» основные элементы — 604—605.
» пилообразная — 647—648.
» прямоугольная — 608.
» пьяная — 605.
» Селлерса — 610, 633.
» способы измерения — 710—716.
» терминология — 603.
» трапецеидальная — 607—608.
» трапецеидальная Акме — 646.
» трапецеидальная одноходовая крупная — 643—644.
» трапецеидальная одноходовая мелкая — 641—642.
» трапецеидальная одноходовая нормальная — 639—640.
» трапецеидальная по ОСТ — 639—645.
» трапецеидальная, сводная таблица по ОСТ — 645.
» трубная — 607.
» трубная американская — 638—639.
» трубная, допуски, — 659, 676—677.
» трубная по Селлерсу — 650.
» трубная цилиндрическая по ОСТ — 637.
» французская — 634.
» часовая — 631, 632.
» Эдисона — 651.
» Эдисона, калибры — 709.
» электроарматурная — 650.
Резьбовые инструменты, применяемая сталь — 305.
» калибры — 680—710.
» калибры, габаритные размеры — 708—709.
» калибры для резьбы Эдисона — 709.
» калибры, допуски на изготовление и износ —
» калибры, конструкция — 703.
» калибры непредельные — 687—688.
» калибры, применяемая сталь — 304.
» калибры, профиль нарезки — 684, 685, 686.
» калибры, размеры колец — 704.
» калибры, размеры пробок — 706—709.
» калибры, система по Промст. — 682—683.
Резьбовые калибры, фактический зазор между пробкой и кольцом — 688.
Рейка зубчатая — 566.
Рекристаллизация алюминия, температура — 377.
» листовой стали — 318.
» никеля, температура — 370.
Релит — 294.
Ременная передача — 551—563.
» передача, коэфициент полезного действия — 555.
» передача, передаваемые усилия — 555—556.
» передача, передаточное число — 554, 561—562.
» передача, расчет — 560.
Ремни — 551—556.
» клинообразные — 556.
» кожаные — 551.
» кожаные, технические условия — 551—552.
» перекрестные — 555.
» прорезиненные — 553.
» склейка — 554.
» скольжение — 554.
» скорость — 560.
» соединение — 554.
» толщина — 560.
» хлопчато-бумажные — 553.
Рений 148, 150—151.
Рентгенографическое испытание металлов — 200—201.
Реомюра шкала — 131.
Рессоры, применяемая сталь — 302.
Ржавление, влияние на сопротивление усталости — 171.
Робертс-Аустен, диаграмма — 311.
Розенгейна реактив — 197.
Роквелл, твердость — 181—182.
Роттусс — 368—369.
Рояльная проволока, применяемая сталь — 307.
Ртутный столб, давления — 128, 129.
Ртуть — 148, 149, 150—151.
» температура плавления — 134.
» теплоемкость — 136.
» скрытая теплота кипения — 137.
» скрытая теплота плавления — 136.
» температура кипения — 133.
» удельный вес — 159.
Рубидий, атомный вес 148, 150—151.

Русские старые меры — 113, 115.
Рутений, атомный вес — 148, 150—151.
Рюбеля бронза — 372.

Сажень — 115, 118—119.
Самарий — 148, 150—151.
Самозакаливающаяся сталь — 282.
Самоиндукция, единицы — 140.
Сбег резьбы — 465—466.
Сварка алюминия — 378.
» меди — 351.
» монель-металла — 373.
» *никеля* — 370.
Сверла, заточка для нержавеющей стали 266.
» применяемая сталь — 299, 306.
» способ охлаждения при закалке — 328.
» твердость по Роквеллу — 182.
Свет, количество — 141.
» сила 140—141.
Светильный газ, температура горения — 134.
Световой поток — 141.
Световые единицы — 140—142.
Свеча Гефнера — 141.
» международная — 140.
Свинец — 374.
» атомный вес, — 148, 150—151.
» влияние на бронзу для подшипников — 336.
» влияние на свойства латуни — 360.
» влияние на свойства марганцевой бронзы — 367.
» влияние на свойства меди — 352.
» влияние на свойства нейзильбера — 373.
» *влияние на свойства припоя* — 397.
» влияние на свойства художественной бронзы — 368.
» коэфициент линейного расширения — 137.
» скрытая теплота плавления — 136.
» твердость по Герберту — 183.
» твердость по Мосу — 184.
» твердость по Шору — 185
» температура *кипения* — 133.
» температура плавления — 134.
» теплоемкость — 136.
» удельный вес — 158.
Свинец, усадка при отливке — 138.
Свинцовые ванны — 345—346.
» сплавы для литья под давлением — 388.
Сдвиг, допустимые напряжения — 166.
» относительный — 166.
» коэфициент — 166.
» модуль — 166.
Сдвигающие напряжения — 166.
Сегмент, основные элементы — 102.
» площадь — 90—92.
» шаровой, объем — 111.
» *шаровой, основные элементы* — 108.
Сегментное железо — 410.
Сектор кольцевой, основные элементы — 102.
» основные элементы — 101.
» площадь — 90—92.
» шаровой объем — 111.
» шаровой основные элементы — 108.
Секунда (единица времени) — 127.
» *(единица угла)* — 126.
Селлерс, резьба — 633.
» резьба трубная — 650.
Селен, влияние на обрабатываемость нержавеющей стали — 267.
Силико-шпитель — 227.
Селитра калиевая, формула — 152.
» натровая, формула — 153.
Сера атомный вес 148, 150—151.
» влияние на свойства инструментальной стали — 285.
» *влияние на свойства меди* — 352.
» влияние на свойства чугуна — 225.
» коэфициент линейного расширения — 137.
» скрытая теплота кипения — 137.
» скрытая теплота плавления — 136.
» температура кипения — 133.
» температура плавления — 134.
» теплоемкость — 136.
» удельный вес — 158.
Серебро 149.
» атомный вес — 148, 150—151.
» *коэфициент линейного расширения* — 137.
» скрытая теплота плавления — 136.

Серебро, твердость по Шору — 185.
» температура плавления — 134.
» теплоемкость — 136.
Серебрянка — 417—418.
» круглая, сортамент — 417.
Серебряные припои, температура плавления — 403.
Сжатие, испытание — 168.
» поперечное при растяжении — 164.
Сжатию сопротивление чугуна — 229, 230.
Сила, единицы — 127.
» звука — 145.
» лошадиная — 130.
» света — 140—141.
» тока, единицы — 139.
» тока при рентгенографическом испытании — 200.
Силикохромоникелевая сталь — 267.
Силумин — 386.
» допустимые напряжения — 206.
» усадка при отливке — 138.
Сильхромовая сталь — 267.
Сплющивание, испытание труб—191.
Симпсона правило — 110.
Снижение стальных деталей —345.
Синус — 57, 58, 62—68.
Система метр-тонна-секунда — 125.
» сантиметр - грамм - секунда — 125.
Скандий, атомный вес — 148, 150 — 151.
Склерон допустимые напряжения — 206.
Склероскоп Шора — 185.
Скобки, раскрытие — 49.
Скобы калиберные, применяемая сталь — 304.
» твердость по Роквеллу — 182.
Скорость волочения латуни 361.
» единицы — 127.
» охлаждения при закалке, дифференцированная — 327.
» охлаждения при отжиге — 318—320.
» резания Видиа — 293.
» резания Видиа-x — 292.
» резания для стального литья — 275.
» сокращенные обозначения — 4.
Скручивание испытание проволоки — 192.
Скручивающие напряжения — 167, 531.
Скрытая теплота кипения — 136, 137.
» теплота плавления — 136.
Сложение — 47.
Смена, сплав — 291.
» стоимость — 291.
Смятие, допускаемое давление при расчете болтов — 463—464.
» допустимое напряжение для шпонок — 532.
Сода кальцинированная, формула — 152.
» каустическая, формула — 152.
Солидус — 311.
Соляные ванны — 342—346.
» ванны для нагревания при закалке — 343.
» ванны для отпуска — 344.
» ванны для охлаждения — 343 — 344.
» ванны для цианирования — 344—345.
» ванны, применяемые тигли — 342—343.
» ванны, снижение — 345.
Соль желтая кровяная, формула — 153.
» красная кровяная, формула — 153.
» поваренная, температура плавления — 134.
» поваренная, формула — 153.
Сопротивление испытанию чугуна — 231.
» материалов, сокращенные обозначения — 5—7.
» разрыву временное — 165.
» разрыву различных материалов — 206, 208.
» разрыву стеллита — 291.
» электрическое, единицы — 139.
Сорбит — 314, 315.
Сормайт — 291.
» стоимость — 291.
Сортамент, железо белое глянцевое — 433.
» железо двутавровое — 407.
» железо зетовое — 409, 410.
» железо Зоре — 410.
» железо квадрантное — 410.
» железо квадратное — 421.
» железо колонное — 410.
» железо корытное — 408.
» железо кровельное — 433.
» железо круглое — 413—415.

Сортамент, железо листовое толстое — 430—431.
» железо листовое тонкое — 432.
» железо листовое шахматное и волнистое — 435.
» железо листовое, ширина и длина — 432.
» железо Вотерена — 410.
» железо овальное — 410.
» железо оконное — 410.
» железо полосовое — 426—427.
» железо полосовое для гаек — 429.
» железо полукруглое — 410.
» железо сегментное — 410.
» железо специальных профилей — 410.
» железо тавровое — 410.
» железо угловое неравнобокое — 406.
» железо угловое равнобокое — 404—405.
» железо широкополосное — 430.
» жесть белая —434.
» инструментальной стали — 428.
» квадратные прутки из цветных металлов — 446—447.
» круглые прутки из цветных металлов — 438—442.
» ленты из цветных металлов — 456—459.
» листы из цветных металлов — 449—455.
» металлы — 404—462.
» проволока железная катаная — 416.
» проволока железная обыкновенная — 415—416.
» проволока из цветных металлов — 443—445.
» проволока и тонкие листы — 419—420.
» размеры прутков завода «Электросталь» — 428.
» серебрянка круглая — 417.
» сталь для напильников — 411 — 412.
» сталь чистотянутая для шпонок — 413.
» трубы —460—462.
» шестигранные прутки из цветных металлов — 447—448.
Специальная инструментальная сталь — 279, 282—285, 299
» поделочная сталь — 255—272.
Специальная сталь, температура закалки — 322.
» сталь, цементация — 258—259.
Спирт температура горения — 135.
» температура кипения — 133.
» температура плавления — 134.
» теплоемкость — 136.
» скрытая теплота кипения — 137.
Сплавы алюминиевые — 378—387.
» быстрорежущие — 289—298.
» для отпуска инструментов — 334.
Спирали, основные элементы — 106.
» способы построения — 95—97.
Спиральные сверла, применяемая сталь — 306.
Срезу сопротивление — 230.
Сталинит — 294.
Сталь — 237—309.
» американские обозначения — 238—239.
» бессемеровская — 241.
» быстрорежущая — 285—289.
» быстрорежущая, искры при шлифовании — 202.
» быстрорежущая, применение — 299.
» вес листов — 437.
» влияние тепловой обработки на механические свойства — 240.
» волоченая — 252.
» вольфрамовая — 268.
» выбор для различных целей — 299—308.
» Гадфильда — 268, 269.
» германские обозначения — 239.
» для вытягивания — 248—252.
» для вытягивания по DIN — 249.
» для зубчатых колес — 302.
» для измерительных инструментов — 303—304.
» для напильников — 411—412.
» для нитрирования — 270.
» для строительных целей, допустимые напряжения — 214.
» для цементации — 338.
» для цементации специальная — 258—259.
» для цементации углеродистая — 239.
» допустимые напряжения — 205, 206, 208.

Сталь, зависимости β от α — 166.
» зависимость G от E — 166.
» зависимость R_s от R_2 — 166.
» зависимость σ_s от σ_β — 165.
» зависимость между σ_ω, σ_s, σ_b — 170.
» зависимость между σ_b и H_B — 174.
» излом — 278.
» инструментальная — 277—289, 298—309.
» инструментальная, завода «Электросталь» — 428.
» инструментальная, искры при шлифовании — 202.
» инструментальная, мартеновская — 277—278.
» инструментальная, марки заводов СССР — 316.
» инструментальная, температура тепловой обработки—316.
» инструментальная тигельная — 277—278.
» инструментальная, углеродистая, назначение — 299.
» кислая — 241.
» коэфициент линейного расширения — 137.
» коэфициент Пуассона — 165.
» кремнистая — 269—270.
» круглая, стоимость — 413.
» листовая, отжиг — 318—319.
» марганцовая — 268—269.
» марганцовая, искры при шлифовании — 202.
» мартеновская — 241.
» мартенситовая — 282.
» модуль сдвига — 166.
» модуль упругости — 164.
» молибденовая — 270.
» никелевая — 256—259.
» нормализация — 320, 321.
» обрабатываемость — 247.
» основная — 241.
» перегретая — 331.
» пережженная — 331—332.
» перлитовая — 282.
» поделочная — 237—272.
» поделочная искры при шлифовании — 202.
» поделочная углеродистая — » 329—255.
» покрытие стеллитом — 290.
Сталь прокатная, марки — 238.
» самозакаливающаяся — 282.
» сильхромовая — 267.
» сортамент труб — 460—462.
» специальная инструментальная, применение — 299.
» специальная, механические свойства — 258—259, 260—261, 262—263.
» специальная нецементуемая — 260—261.
» специальная поделочная — 255—272.
» специальная, реактивы для исследования — 198.
» структурные составляющие — 312 и сл.
» твердость по Герберту — 183.
» твердость по Шору — 185.
» теплоемкость — 136.
» температура плавления — 134.
» тигельная — 241.
» томасовская — 241.
» травление — 321.
» углеродистая, механические свойства — 242—245, 246, 262.
» хромистая — 264—266.
» хромистая для цементации —
» 265.
» хромованнадиевая — 267—268.
» хромоникелевая — 258—261, 264.
» хромоникелевая зависимость между σ_b и H_B — 174.
» чистотянутая для шпонок — 413.
Стальная проволока, сортамент — 415.
Стальное литье — 272—276.
» литье, допустимые напряжения — 205, 206, 208.
» литье, конструирование — 275—276.
» литье, механические свойства — 272, 274, 276.
» литье, обрабатываемость—273, 275.
» литье, отжиг — 276.
» литье, усадка при отливке — 138.
» литье, химический состав — 272, 274, 276.
Стальные ленты, передача — 602.
Станиоль — 363.

Старение дуралюминия — 382.
Стеарин, температура плавления — 134.
Стеда реактив — 198.
Стекло жидкое, формула — 152.
» коэфициент линейного расширения — 137.
» твердость по Герберту — 183.
» теплоемкость — 136.
» удельный вес — 158.
Стеллит — 289—291.
» покрытие им поверхностей — 290.
» сорта — 291.
» стоимость — 289.
» твердость — 290, 291.
» температура плавления — 291.
Стен — 127, 131.
Степени — 11—38, 48.
» чисел — 46.
Стер — 113.
Стереотип, сплав — 392.
Стильб — 141.
Стоимость декапированного железа — 250.
» инструментальной стали завода «Красный Путиловец» — 309.
» инструментальной стали завода «Электросталь» — 308.
» круглой стали — 413.
» марок баббитов — 389.
» относительная металлов — 396
» победита — 294.
» смены — 291.
» сормайта — 291.
» стальной проволоки — 253.
» стеллита — 289.
Стрела прогиба балок — 221.
Стрелка дуги — 90—92.
Строения, допустимая нагрузка — 215.
Строительное дело, допустимые напряжения — 210—215.
Стронций — 148, 150—151.
Структура закаленной стали — 31[illegible].
Стуббса, калибры для проволоки — 419—420.
Сумма — 46.
Сурьма — 148, 152—151.
» влияние на свойства баббита — 389.
» влияние на свойства меди — 352.
Сурьма, влияние на свойства припоя — 397.
» температура плавления — 134.
» теплоемкость — 136.
Таблицы вспомогательные — 11 — 38.
Тавровое железо — 410.
Таллий, атомный вес — 148, 150 — 151.
Тангенс — 57, 58, 62—84.
Тантал — 147—149.
» атомный вес — 148, 150—151.
» коэфициент линейного расширения — 137.
» температура плавления — 134.
» карбид — 294.
Твердость б-стали в зависимости от температуры отпуска — 335.
» вторичная б-стали 335.
» измерения прибором Польди — 179.
» инструментов по Роквеллу — 182.
» испытание — 172—186
» испытание напильником — 185.
» карбида тантала — 294.
» карбида титана — 294.
» ковкого чугуна — 237.
» победита — 294.
» по Бринеллю — 172—179.
» по Бринеллю, временное сопротивление разрыву — 174.
» по Бринеллю, зависимость от величины кристаллов у латуни — 361.
» по Бринеллю зависимость от σ_b для дуралюминия — 382.
» по Бринеллю и Герберту, зависимость — 183.
» по Бринеллю и Роквеллу, зависимость — 181.
» по Бринеллю, таблицы — 175—178.
» по Виккерсу — 179.
» по Виккерсу, таблицы — 180
» по Герберту — 183.
» по Мосу — 184.
» по Роквеллу — 181—182.
» по Роквеллу, точность измерений — 181.
» по Шору — 184—185.
» смены — 291.
» соотношение H_B, H_R, H_S — 182.
» стеллита — 231.

Твердость стеллита при различных температурах — 290.
» структурных составляющих стали — 315.
» увеличение твердости по Герберту — 332.
» чугуна — 228, 229.
» чугуна, зависимость от σ_b — 230.
» чугуна, зависимость от содержания C и Si — 224.
Твердый раствор — 312.
Тейлора б-сталь — 287.
Текстолит — 395.
Текучести предел — 165.
Тела вращения, объем — 110.
Телесный угол — 126.
Температура — 131—135.
» горения — 133, 134, 135.
» горячего штампования дуралюминия — 383.
» достижимая в печах — 348.
» закалки б-стали, влияние на жизнь резца — 336.
» измерение — 346—348.
» кипения — 133.
» плавления карбида тантала — 294.
» плавления конусов Зегера — 348.
» плавления нихрома — 370.
» плавления сплавов для отпуска — 334.
» плавления стеллита — 291.
» плавления припоев — 399, 400, 403.
» нагрева, определение по калильным цветам — 323.
» нагревание при закалке — 321—322.
» нормализация стали — 321.
» отжига — 314—317.
» отливки из красного литья — 369.
» отливки из никеля — 369.
» отпуска — 333—334.
» размягчения победита — 294
» тепловой обработки стали для резьбового инструмента — 305.
» цементации — 339.
Температуры критические — 310.
Тепло, количество — 135.
» механический эквивалент — 135.
Тепловая обработка стали, влияние на механические свойства — 240.
Тепловая обработка углеродистой поделочной стали, температуры — 246.
» обработка различных марок б-стали — 336—337.
Тепловые величины — 131—139.
Теплоемкость — 135—136.
Теплота кипения скрытая — 136 137.
» плавления скрытая — 136.
» расширения тел — 136.
» сокращенные обозначения — 4—5.
Тербий, атомный вес, 148, 150—151.
Термия — 135.
Термодинамическая шкала — 133.
Термо-элементы — 347.
Технологические свойства, испытания — 187—194.
Тигельная инструментальная сталь — 277—278.
» инструментальная сталь, стоимость — 309.
Тигельная сталь — 241.
Тигли для соляных ванн — 342—343.
Титан — 147.
» атомный вес — 148, 150—151.
» температура плавления — 134.
Титанит — 294.
Томасовская сталь — 241.
Толуол скрытая теплота кипения — 137.
» температура плавления — 134.
Томпак — 353, 354.
» сортамент проволоки — 443—444.
Тонна — 113.
» английская — 116.
Тонны на дюйм в килограммах на *мм* — 124.
Топки котельные, температура — 133—135.
Торий, атомный вес — 148, 150—151.
Точка — 115, 118—119.
Точность изготовления зубчатых колес — 598—600.
» измерения твердости по Роквеллу — 181—182.
Точность отливок под давлением — 388.
ТСВА — 294.
Травление, испытание деталей — 199
» после отжига — 321.

Трансмиссии, число оборотов—563.
Трапецеидальная резьба см. резьба трапецеидальная.
Трапеция, основные элементы—100.
Трапецоид, основные элементы — 100.
Трения коэфициент в червячной передаче — 597.
Третник — 397.
Треугольник, основные элементы — 100.
Треугольники, решение — 85—87.
Тригонометрия — 57—92.
Тригонометрические функции, численные значения — 62—84.
Тросы стальные, применяемая сталь — 307.
Тростит — 314, 315.
Трубная резьба по Селлерсу — 650.
» цилиндрическая резьба — 637.
Трубы, испытание на бортование — 191.
» испытание на загиб — 190.
» испытание на обжатие — 191.
» испытание на раздачу — 190.
» испытание на сплющивание — 191.
» сортамент — 460—462.
Тулий, атомный вес — 148, 150—151.

Углекислота, скрытая теплота кипения — 137.
» температура кипения — 133.
» температура плавления — 134.
Углерод, влияние на свойства б-стали — 286.
» влияние на свойства чугуна — 223.
» в стали влияние на цементацию — 338.
Углеродистая инструментальная сталь — 278—279, 280—281.
» инструментальная сталь температура закалки — 322.
» инструментальная сталь назначение — 299.
» поделочная сталь — 239—255.
» сталь для пружин — 302.
» сталь температура отпуска — 333, 334.
Угловое железо неравнобокое—406.
» железо равнобокое — 404—405.
Угол, единицы — 126.
Угол закручивания — 167.
» телесный — 126.
» трения в червячной передаче — 597.
» центральный — 89.
Углы резцов из победита — 296.
Уголь для цементации — 338.
» древесный, теплоемкость—136.
» каменный, теплоемкость — 136.
Ударное сопротивление, испытание — 168.
Ударное сопротивление стали — 262—263.
» сопротивление специальной стали для цементации — 258—259.
» сопротивление стали специальной нецементируемой — 260—261.
» сопротивление чугуна — 230.
Удельный вес — 154—160.
» вес дуралюминия — 381.
» вес жидкостей — 155, 158—160.
» вес карбида титана — 249.
» вес карбидов вольфрама — 292.
» вес магналия — 379.
» вес металлов, 154, 156—158.
» вес смены — 291.
Удлинение ковкого чугуна — 237.
Удлинение, коэфициент — 164.
Удлинение относительное при растяжении — 163.
» стали для строительства — 210.
Узел — 127.
Улучшение дуралюминия — 382.
Умножение — 47.
Унция — 116.
Упругости модуль — 164.
» предел — 165.
Уравнения — 50—53.
Уран, атомный вес — 148, 150—151.
Усадка меди — 352.
» металлов при отливке — 138.
» при прокатке стали — 138.
Усеченная пирамида, основные элементы — 108.
Усеченный конус, основные элементы — 108.
Ускорение, единицы — 127.
» силы тяжести — 45, 127.
» сокращение обозначения — 4.
Успех, марка б-стали — 288.
» тепловая обработка — 336.
Усталость, испытание — 169,

Фарада — 140.
Фаренгейта градусы в градусах Цельсия — 132.
» шкала 131.
Фарфор, температура плавления — 134.
Фасонный материал, испытание на развертывание — 190.
Феррит — 312, 315.
Ферроманган — 227.
Ферросилиций — 227.
Физические единицы — 125.
Фильеры, применяемые материалы — 300—301.
Флюс — 397, 399.
Фокус параболы — 93.
Фокус гиперболы — 94.
» эллипса — 93.
Фольга — 374.
Фон — 145.
Формулы, назначение — 47.
Фортепианная проволока — 301.
» проволока калибр — 419.
» проволока, применяемая сталь 307.
Фосфор, атомный вес — 148, 150—151.
» влияние на бронзу — 365.
» влияние на свойства инструментальной стали — 285.
» влияние на свойства меди — 352.
» влияние на ударное сопротивление чугуна — 225.
» на ударное сопротивление чугуна — 225.
» скрытая теплота плавления — 136.
» температура кипения — 133.
» температура плавления — 134.
» удельный вес — 158.
Фосфористая бронза — 365.
Фотометрия сокращенные обозначения — 45.
Французская резьба — 634.
Фрезы, заточка для нержавеющей стали — 267.
» применяемая сталь — 299.
» способы охлаждения при закалке — 328.
Фри реактив —197
Фригория — 135.
Функции тригонометрические — 57—84.
Фунт — 115, 128.
Фунт английский — 116, 128.
Фунты английские в килограммах — 121.
» в килограммах — 120.
Фут — 115, 116, 118—119.
» свеча — 142.

Характеристика логарифма — 55.
Хейнса стеллит — 289
Химия — 147—162.
Хлор, температура кипения — 133.
Хлористый барий, температура ванн — 343.
» цинк — 397.
Холоднотянутая сталь — 252.
Хорда — 89—92.
Хром — 149.
» атомный вес — 148, 150—151.
» влияние на критическую температуру стали — 315.
» влияние на свойства б.стали — 286—287.
» влияние на свойства стали — 282.
» влияние на свойства чугуна — 228.
» влияние на цементацию — 338, 339.
» коэфициент линейного расширения — 137.
» температура плавления — 134.
» удельный вес — 158, 264—266.
» удельный вес — 264—266
Хромистая сталь для пил — 306.
» сталь для пружин — 302.
» сталь для резьбовых инструментов — 305.
» сталь, механические свойства 265.
» сталь, обрабатываемость — 257.
» сталь, температура отжига — 315, 317.
Хромистый чугун — 234
Хромованадиевая сталь — 267—268.
» сталь для пружин — 302.
Хромовольфрамовая сталь для пил — 306.
Хромокобальтовая сталь для пил — 306.
Хромокремнемарганцовая сталь для пружин — 302.
Хромомолибденовая сталь для магнитов — 308.
» сталь для пружин — 302.

Хромоникель константан, термоэлементы — 347.
Хромоникелевая сталь — 258—261—264.
Хромоникелевый чугун — 234.
Художественная бронза — 368.

Цаги сталь сорта К — 267.
Цвета калильные — 323.
» побежалые — 334.
Цветные металлы — 349 и сл.
» сортамент — 438—460.
Цезий, атомный вес — 148, 150—151.
Цельзит — 289.
Цельсия шкала — 131.
Цементация — 337—342.
» *материалы для цементации* — 338—339.
» никелевой стали — 256.
» последующая тепловая обработка — 339—340.
» применяемая сталь — 338.
» причины неудач — 341—342.
» температура — 339.
» хромоникелевой стали — 258—261, 264.
» цианистым калием — 341.
Цементирование, ведение процесса — 339.
Цементит — 312, 315.
Центнер — 113, 116.
Центр тяжести фигур — 218—220.
Цепи, применяемая сталь — 301.
Цепная передача — 600—602.
Цепная передача, передаточное число — 600.
Церий, атомный вес — 148, 150—151.
Цианистый калий, предохранение от отравлений — 345.
» калий, цементация им — 341.
Цианирование, составы ванн — 344—345.
Циклические кривые, построение — 97—99.
Циклоида, построение — 97.
» основные элементы — 104.
Циклоидальное зацепление — 565.
Цилиндр кососрезанный, основные элементы — 107.
Цилиндр, основные элементы — 107.
» полый, основные элементы — 107.
Цинк — 149, 352—353.
» *атомный вес* — 148, 150—151.
» вес листов — 473.
Цинк, влияние на свойства алюминиевых сплавов — 379.
» *влияние на свойства бронзы* — 366.
» влияние на свойства латуни — 353.
» влияние на свойства нейзильбера — 373.
» влияние на свойства оловянной бронзы — 368.
» влияние на свойства припоя — 397.
» влияние на свойства художественной бронзы — 368.
» вязкость по Эриксену — 189.
» коэфициент линейного расширения — 137.
» скрытая теплота плавления — 136.
» сортамент листов — 454.
» твердость по Шору — 185.
» температура кипения — 133.
» температура плавления — 134.
» теплоемкость — 136.
» удельный вес — 158.
» усадка при отливке — 138.
» хлористый — 397.
Цинковые сплавы для отливок под давлением — 387—388.
Циркон, атомный вес — 148, 150—151.

Часовая резьба — 631—632
Частное — 46.
Частота, единицы — 127.
Червяк, угол между сторонами нарезки — 598.
» угол подъема винтовой линии — 598.
Червяки, применяемая бронза — 365.
Червячная передача — 592—598.
» передача, для самоторможения — 594.
» *передача, допустимая скорость* скольжения — 596.
» передача, расчет — 55—598.
» передача, форма обода колес — 594.
Четверть — 115.
Числа простые — 39—44.
Числа часто встречающиеся — 45.
Чувствительность рентгенографического испытания — 201.
Чугун — 223—237.

Чугун белый, искры при шлифовке — 202.
» вес листов — 437.
» влияние примесей — 223—225, 228.
» *гематитовый* — 226, 227, 228.
» для строительных целей, допустимые напряжения — 214.
» допустимые напряжения — 205, 206, 208.
» допустимые напряжения для различных сечений — 209.
» древесно-угольный — 228.
» зависимость твердости от содержания C и Si — 224.
» зависимость ρ от содержания P — 225.
» зависимость σ_u от содержания P — 225.
» зависимость R_s от R_z — 166.
» зависимость содержания графита от Si и — 224.
» зависимость σ_u от содержания Si и C — 224.
» *зависимость* H_B *от* σ_b — 228, 230.
» зеркальный — 227.
» керченский — 228.
» ковкий — 234—237.
» *ковкий, зависимость* σ_s *от* σ_b — —237.
» ковкий, искры при шлифовании — 202.
» ковкий механические свойства — 235—236.
» ковкий, отжиг — 235.
» ковкий, химический состав — 235.
» коксовый — 227, 228.
» коэфициент линейного расширения — 137.
» литейный — 223, 226, 227, 228 232—233.
» механические свойства — 228, 231.
» *модуль сдвига* — 166.
» модуль упругости — 164.
» обрабатываемость — 231.
» огнеупорный — 229, 233.
» паяние — 400.
» передельный — 223, 226, 227.
» покрытие стеллитом — 291.
» серый, искры при шлифовании — 202.
Чугун сопротивление изгибу, зависимость от содержания C и Si — 224.
» сопротивление истиранию — 231.
» сопротивление разрыву, зависимость от содержания C и Si — 224.
» *специальные сорта* — 234.
» специальный — 227.
» твердость по Герберту — 183.
» твердость по Шору — 185.
» температура плавления — 134.
» тульский — 228.
» ударное сопротивление — 230.
» удельный вес — 158.
» уральский по ОСТ — 226.
» усадка при отливке — 138.
» химический состав — 228, 229 232—233.
» южный — 227.
Чума оловянная — 364.

Шайбы — 513.
Шар, основные элементы — 108.
Шарики к прессу Бринелля, диаметры — 173.
» *к прессу Бринелля, испытание* — 174.
» применяемая хромистая сталь — 265.
Шариковые подшипники, применяемый материал — 301.
Шаровой пояс, основные элементы — 108.
» *сегмент, основные элементы* — 108.
» сектор, основные элементы — 108.
Шарпи брусок — 168.
Шары, поверхность — 111.
» объем — 111.
Швеллерное железо — 408.
Шевронные колеса — 592.
Шенка прибор — 169—170.
Шерардизация — 337.
Шестиугольник, основные элементы — 101.
Шкалы температурные — 131, 133.
Шкивы, выпуклость — 556, 558.
Шкивы для ременной передачи — 556—559.
» окружная скорость — 557, 560.
» ременные, стандартизация — 558.

Шкивы стальные, передаваемая мощность — 557.
Шлезингера критерий — 187.
Шлифовальные круги для победита — 296—297.
Шор, твердость — 184—185.
Шпильки, длина нарезанной части — 486—489.
» нормализация — 483—484.
» нормализация концов — 467.
Шпонки — 523—545.
» врезные — 532, 534, 535, 237, 541, 542.
» Вудруфа — 543.
» глубина паза — 535.
» допустимые напряжения — 532.
» клиновые, применение — 533.
» на лыске — 533, 534, 535, 537, 538.
» нормализация — 533, 534—545.
» обзор типов — 534.
Шпонки призматические — 533, 534, 535, 536—537, 539—540.
» расчет — 532—533.
» сечение по ОСТ — 536—537.
» сортамент чистотянутой стали — 413.
» тангенциальные — 544—545.
» фрикционные — 533, 534.
Шплинты разводные проволочные — 512.
Штампование горячее, применяемая латунь — 360.
» дуралюминия — 383.
Штампы вырубные, применяемая сталь — 300.
» для горячего штампования, применяемая сталь — 300.
» способ охлаждения при закалке — 328.
» твердость по Роквеллу — 182.
Штифты конические — 490.
» цилиндрические — 485.
Шурупы — 498—499.

Щелочноупорный чугун — 233.
Щелочь, натриевая для закалки — 325.

Эвольвента — 564.
» окружности, основные элементы — 105.
» построение — 99.
Эвольвентное зацепление — 545—566.
Эвтектика — 312.
Эвтектоид — 312.
Эдисон, резьба — 651.
Эдисона резьба, калибры — 709.
Экацезий, атомный вес — 148, 150—151.
Эквивалент механический тепла — 135.
Экономичность хорошей освещенности — 144.
Электрические величины — 139—140.
» единицы, сокращенные обозначения — 9—10.
» лампы — 142.
Электроарматурная резьба — 650.
Электродвижущая сила — 139—140.
Электрон — 384—385.
» допустимые напряжения — 206.
» коэфициент линейного расширения — 137.
» механические свойства — 385.
» травление — 321.
Электросталь — 241.
» завод, сталь ЭГ — 284.
» » » ЭНЗ — 261.
» » » ЭНЗО — 257.
» » » ЭП — 284.
» » » ЭО — 284.
» » » ЭС — 284.
» » » Э нерж. 1—266.
» » » Э нерж. 3—266.
» » » Э нерж. 5—267.
» » » Э нерж. 6—266.
» » » Э нерж. 7—267.
» » » Э4 — 260.
» » » Э6 — 260.
» » » Э10 — 261.
» » » Э14 — 261.
» » » ЭУ6 — ЭУ12 — 280—281.
» » » ЭУ14 — 278.
» » » ЭУ20 — 279.
» » » ЭХ — 265.
» » » ЭХТ — 261.
» » » ЭХ1—ЭХ4 — 283.
» » » ЭХ12 — 284.
» » » ЭШ — 284.
» » » Э1 — 258.
» » » Э2 — 260.
» » » Э3 — 258—259.
» » » Э5 — 259.
» » » ЭН15 — 259.
» » » ЭН25 — 257.
» » » ЭН48 — 264.

Электросталь-завод, марки б-стали — 288, 289.
Электро-чугун — 228.
Элементы химические — 147—154.
Элинвар — 264.
Эллипс, определение — 93.
» основные элементы — 102—103.
» способы построения — 93.
Эллипсоид, основные элементы — 108.
Энергия, единицы — 129.
Энергия, сокращенные обозначения — 4.
Эпициклоида, основные элементы — 104.
» построение — 97—98.
Эрбий, атомный вес — 148, 150—151.
Эрг — 129, 130.
Эриксен, вязкость алюминия — 376, 377.
» вязкость би-металла — 393.
Эриксен, вязкость декапированного железа — 248, 250.
» вязкость латуни — 356.
» вязкость меди — 351.
» вязкость никеля — 370.
» вязкость стали для вытягивания по DIN — 248—250.
» испытание белой жести — 435.
» испытание вязкости — 188.
Эриксена прибор — 188.
Этерна металл — 362.
Эфир серный, формула — 153.
» скрытая теплота кипения — 137.
» температура кипения — 133.
Эйлера формулы — 217.
» формула для деревянных стоек — 213.

Ярд — 116, 118—119.
Яркость — 141.
Яцевича реактив — 198.