Общетехнический справочник

Серия
справочников
для рабочих



Общетехнический справочник

Под редакцией
канд. техн. наук Е. А. Скороходова
Издание 2-е, переработанное
и дополненное

DJVUed by Stas Jarovoy
jarovoystas@rambler.ru



МОСКВА «МАШИНОСТРОЕНИЕ»
1982

ББК 34.4
О-28
УДК 621.81 (031)

Авторы: Заслуженный деятель науки и техники РСФСР, д-р техн. наук проф. А. Н. Малов, канд. техн. наук В. П. Законников, канд. техн. наук А. Б. Пакнис, канд. техн. наук К. Ф. Скворцов, канд. техн. наук Е. А. Скороходов

Рецензенты инж. **Д. А. Демидов**, д-р техн. наук проф. **О. Ф. Тищенко**

Общетехнический справочник/Под ред. Е. А. Ско-
О-28 роходова — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1982. — 415 с., ил. (Серия справочников для рабочих).

В пер. 1 р. 70 к.

В справочнике приведены сведения по математике, технической механике, электротехнике, материалам в машиностроении, деталям машин, допускам, посадкам и техническим измерениям.

Справочник предназначен для мастеров и квалифицированных рабочих всех профессий.

О $\frac{2701000000\text{-}611}{038(01)\text{-}82}$ 46-81.

ББК 34.4
6П5.1

©Издательство «Машиностроение», 1982 г., с изменениями

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 5

Глава I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ (*В. П. Законников*) 6
Алфавиты и цифры 6
Системы измерений 7
Сведения из математики 15
Сведения из технической механики и электротехники 54

Глава II. МАТЕРИАЛЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ (*К. Ф. Скворцов*) 71
Металлы и сплавы 71
Общие сведения 71
Чугун 80
Сталь 82
Цветные металлы и сплавы 95
Сортамент 115
Пластические массы 128
Композиционные материалы 142
Керамика и ситаллы 142
Покрытия 145
Лакокрасочные материалы 154
Клеи 161
Древесина 165
Бумажные материалы 166
Изоляционные материалы 167
Резина 169
Смазочные материалы 171

Глава III. ДЕТАЛИ МАШИН (*Е. А. Скороходов*) 174
Линейные размеры, углы, конусы, радиусы закруглений, каиавки 174
Соединения деталей машин 183
Общие сведения 183
Резьбовые соединения 184
Штифтовые соединения 253
Шпоночные соединения 255
Шлицевые соединении 259
Механические передачи вращательного движения . . 263
Общие сведения 263
Ремеиные передачи 263
Цепные передачн 281

Зубчатые и червячные передачи 286
Подшипники (*А. Н. Малов*) 300

Глава IV. ДОПУСКИ, ПОСАДКИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ (*А. Б. Пакнис*) 309
Допуски и посадки 309
Отклонения формы и расположения поверхностей . . 346
Шероховатость поверхности 360
Измерительные средства 364
Выбор измерительных средств 369
Методы и средства измерения типовых деталей . . . 370
Измерения физических величин 397

Список литературы 399
Перечень ГОСТов и СТ СЭВ 400
Предметный указатель 406

ПРЕДИСЛОВИЕ

В 1971 г. под редакцией д-ра техн. наук проф. А. Н. Малова был выпущен «Общетехнический справочник» для мастеров и квалифицированных рабочих машиностроительных и приборостроительных заводов. В нем были приведены сведения по математике, механике, электротехнике, машиностроительному черчению, машиностроительным материалам, деталям машин, допускам, посадкам и техническим измерениям, технике безопасности и др.

За прошедшие годы многие материалы первого издания справочника устарели, что вызвало необходимость второго издания справочника с соответствующей переработкой всего материала. Второе издание справочника подготовил проф. А. Н. Малов, определивший структуру и авторский коллектив справочника. Стремление сохранить малый объем справочника при максимально возможной информации по основным разделам вызвало необходимость исключить некоторые материалы, по которым имеются самостоятельные справочники.

Во втором издании «Общетехнического справочника» приведены сведения по математике, механике, машиностроительным материалам, деталям машин, допускам, посадкам и техническим измерениям в соответствии с действующими ГОСТами и стандартами СЭВ на момент издания справочника.

ГЛАВА I

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

ФАВИТЫ И ЦИФРЫ

1. Латинский и греческий алфавиты

Рукописные буквы	Произношение	Рукописные буквы	Произношение	Рукописные буквы	Произношение
Латинский алфавит					
A a	а	*J j*	йот	*S s*	эс
B b	бе	*K k*	ка	*T t*	тэ
C c	це	*L l*	эль	*U u*	у
D d	де	*M m*	эм	*V v*	ве
E e	е	*N n*	эн	*W w*	дубль-ве
F f	эф	*O o*	о	*X x*	икс
G g	ге	*P p*	пэ	*Y y*	игрек
H h	аш	*Q q*	ку	*Z z*	зет
I i	и	*R r*	эр		
Греческий алфавит					
Α α	альфа	Ι ι	йота	Ρ ρ	ро
Β β	бета	Κ κ	каппа	Σ σ	сигма
Γ γ	гамма	Λ λ	ламбда	Τ τ	тау
Δ δ	дельта	Μ μ	мю	Υ υ	ипсилон
Ε ε	эпсилон	Ν ν	ню	Φ φ	фи
Ζ ζ	дзета	Ξ ξ	кси	Χ χ	хи
Η η	эта	Ο ο	омикрон	Ψ ψ	пси
Θ ϑ	тхэта	Π π	пи	Ω ω	омега

Римские цифры изображаются основными знаками: I, V, X, L, C, D и M, которые соответствуют следующим натуральным числам: I — 1; V — 5; X — 10; L — 50; C — 100; D — 500 и M — 1000. При помощи основных знаков записываются все натуральные числа. Для определения натурального числа, записанного римскими цифрами, нужно сложить значения всех римских цифр, записанных в числе, например: XVI = 10 + 5 + 1 = 16; CCXXVIII = 100 + 100 + 10 + 10 + + 5 + 1 + 1 + 1 = 228. Однако если перед большей по значению цифрой стоит меньшая, то из цифры большего значения следует вычесть цифру меньшего значения, например: CXXIV = 100 + 10 + 10 + + (5 — 1) = 124; CMIX = (1000 — 100) + (10 — 1) = 909.

Примеры I = 1; II = 2; III = 3; V = 5; VI = 6; VII = 7; VIII = 8; IX = 9; X = 10; XII = 12; XV = 15; XX = 20; XXX = 30; XL = 40; LX = 60; XC = 90; XCIX = 99; CCXI = 211; CM = 900; XM = 990; IM = 999; MI = 1001; MCMLXXX = 1980.

Степени числа 10 и названия больших чисел

$$10^n = \underbrace{10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot \ldots \cdot 10}_{n \text{ раз}}; \quad 10^0 = 1; \quad 10^1 = 10;$$

$10^3 = 1000$ — тысяча; $10^6 = 1\,000\,000$ — миллион;

$10^9 = 1\,000\,000\,000$ — миллиард;

$$10^{-n} = \frac{1}{10^n} = \frac{1}{\underbrace{10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot \ldots \cdot 10}_{n \text{ раз}}};$$

$10^{-1} = 0{,}1$ — одна десятая; $10^{-3} = 0{,}001$ — одна тысячная;

$10^{-6} = 0{,}000001$ — одна миллионная и т. д.

СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЙ

С 1 января 1980 года в СССР введен в действие СТ СЭВ 1052—78 «Метрология. Единицы физических величин», который устанавливает обязательное применение в науке и технике единиц Международной системы единиц (сокращенно СИ). Для образования кратных и дольных единиц СТ СЭВ 1052—78 устанавливает множители и приставки (табл. 2). Основные, дополнительные и производные единицы СИ приведены в табл. 3. Внесистемные единицы, допускаемые СТ СЭВ 1052—78 к применению наравне с единицами СИ, приведены в табл. 4.

В табл. 5 приведены важнейшие производные единицы СИ, применяемые в науке и технике.

2. Десятичные приставки

Множитель	Наименование приставки	Обозначение		Множитель	Наименование приставки	Обозначение	
		русское	международное			русское	международное
10^{12}	тера	Т	T	10^{-1}	деци	д	d
10^9	гига	Г	G	10^{-2}	санти	с	c
10^6	мега	М	M	10^{-3}	милли	м	m
10^3	кило	к	k	10^{-6}	микро	мк	μ
10^2	гекто	г	h	10^{-9}	нано	н	n
10^1	дека	да	da	10^{-12}	пико	п	p

Примечание. Кратные и дольные единицы образуются путем умножения или деления на степень числа 10. Их наименования получаются прибавлением указанных в таблице приставок к наименованиям основных или производных единиц, например: километр, миллиграмм, микрометр и т. п.

3. Основные и дополнительные единицы СИ

Наименование величины	Единица: наименование	Обозначение: русское	Обозначение: международное	Определение
Основные единицы				
Длина	метр	м	m	**Метр** равен длине 1 650 763,73 длин волн в вакууме излучения, соответствующего переходу между уровнями $2p_{10}$ и $5d_5$ атома криптона-86
Масса	килограмм	кг	kg	**Килограмм** равен массе международного прототипа килограмма
Время	секунда	с	s	**Секунда** равна 9 192 631 770 периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133
Сила электрического тока	ампер	А	A	**Ампер** равен силе неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового поперечного сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 м один от другого, вызвал бы на участке проводника длиной 1 м силу взаимодействия, равную $2 \cdot 10^{-7}$ Н
Термодинамическая температура	кельвин	К	K	**Кельвин** равен 1/273,16 части термодинамической температуры тройной точки воды
Сила света	кандела	кд	cd	**Кандела** равна силе света, испускаемого с поверхности площадью 1/600 000 м² полного излучателя в перпендикулярном направлении, при температуре излучателя, равной температуре затвердевания платины при давлении 101 325 Па
Количество вещества	моль	моль	mol	**Моль** равен количеству вещества системы, содержащей столько же структурных элементов [1], сколько содержится атомов в углероде-12 массой 0,012 кг

[1] Структурные единицы могут быть атомами, молекулами, ионами, электронами и другими частицами.

Дополнительные единицы				
Плоский угол	радиан	рад	rad	**Радиан** равен углу между двумя радиусами окружности, длина дуги между которыми равна радиусу
Телесный угол	стерадиан	ср	sr	**Стерадиан** равен телесному углу с вершиной в центре сферы, вырезающему на поверхности сферы площадь, равную площади квадрата со стороной, равной радиусу сферы
Некоторые производные единицы				
Производные единицы пространства и времени				
Площадь	квадратный метр	м²	m^2	**Квадратный метр** равен площади прямоугольника, каждая сторона которого равна 1 м
Объем, вместимость	кубический метр	м³	m^3	**Кубический метр** равен объему прямоугольного параллелепипеда, каждое ребро которого равно 1 м
Скорость	метр в секунду	м/с	m/s	**Метр в секунду** равен скорости прямолинейно и равномерно движущейся материальной точки, при которой эта точка за время 1 с перемещается на расстояние 1 м
Ускорение	метр на секунду в квадрате	м/с²	m/s^2	**Метр на секунду в квадрате** равен ускорению прямолинейно и равноускоренно движущейся материальной точки, линейная скорость которой изменяется на 1 м/с в течение 1 с
Угловая скорость	радиан в секунду	рад/с	rad/s	**Радиан в секунду** равен угловой скорости равномерно вращательного движения точки по окружности, при котором радиус-вектор этой точки описывает в течение 1 с центральный угол, равный 1 рад
Частота	герц	Гц	Hz	**Герц** равен частоте, при которой в 1 с завершается одно колебание или цикл

Продолжение табл. 3

Наименование величины	Единица: наименование	Обозначение: русское	Обозначение: международное	Определение
Производные единицы механических величин				
Сила	ньютон	Н	N	**Ньютон** равен силе, сообщающей телу с постоянной массой 1 кг ускорение в 1 м/с² в направлении действия силы
Плотность	килограмм на кубический метр	кг/м³	kg/m³	**Килограмм на кубический метр** равен плотности однородного вещества, масса которого при объеме 1 м³ равна 1 кг
Момент силы	ньютон-метр	Н·м	N·m	**Ньютон-метр** равен моменту силы, создаваемому силой 1 Н относительно точки, расположенной на расстоянии 1 м от линии действия силы
Давление (механическое напряжение)	паскаль	Па	Pa	**Паскаль** равен давлению (механическому напряжению), вызываемому силой 1 Н, равномерно распределенной по нормальной к ней поверхности, площадью 1 м²
Работа (энергия)	джоуль	Дж	J	**Джоуль** равен работе, которую совершает постоянная сила в 1 Н на пути 1 м, пройденном телом под действием этой силы в направлении действия силы
Мощность	ватт	Вт	W	**Ватт** равен мощности, при которой за 1 с совершается работа 1 Дж
Производные единицы акустических величин				
Звуковая энергия	джоуль	Дж	J	**Джоуль** равен звуковой энергии, эквивалентной работе 1 Дж
Звуковая мощность	ватт	Вт	W	**Ватт** равен звуковой мощности, эквивалентной механической мощности 1 Вт
Производные единицы тепловых величин				
Количество теплоты	джоуль	Дж	J	**Джоуль** равен количеству теплоты, эквивалентному работе 1 Дж
Удельное количество теплоты	джоуль на килограмм	Дж/кг	J/kg	**Джоуль на килограмм** равен удельному количеству теплоты системы, в которой веществу массой 1 кг сообщается (или отбирается от него) количество теплоты 1 Дж
Удельная массовая теплоемкость	джоуль на килограмм-кельвин	Дж/(кг·К)	J/(kg·K)	**Джоуль на килограмм-кельвин** равен удельной теплоемкости вещества, имеющего при массе 1 кг теплоемкость 1 Дж/К
Теплопроводность	ватт на метр-кельвин	Вт/(м·К)	W/(m·K)	**Ватт на метр-кельвин** равен теплопроводности вещества, в котором при стационарном режиме с поверхностной плотностью теплового потока 1 Вт/м² устанавливается температурный градиент 1 К/м
Производные единицы электрических и магнитных величин				
Количество электричества (электрический заряд)	кулон	Кл	C	**Кулон** равен количеству электричества, протекающему через поперечное сечение проводника при токе силой 1 А за время 1 с
Электрическое напряжение	вольт	В	V	**Вольт** равен электрическому напряжению на участке электрической цепи, при прохождении 1 Кл электричества и получении работы в 1 Дж
Электрическая емкость	фарада	Ф	F	**Фарада** равна электрической емкости конденсатора, при которой заряд 1 Кл создает на конденсаторе напряжение 1 В
Электрическое сопротивление	ом	Ом	Ω	**Ом** равен электрическому сопротивлению участка электрической цепи, при котором постоянный ток силой 1 А вызывает падение напряжения 1 В
Удельное электрическое сопротивление	ом-метр	Ом·м	Ω·m	**Ом-метр** равен удельному электрическому сопротивлению вещества, при котором участок (выполненный из этого вещества) электрической цепи длиной 1 м и площадью поперечного сечения 1 м² имеет сопротивление 1 Ом
Электрическая проводимость	сименс	См	S	**Сименс** равен электрической проводимости участка электрической цепи сопротивлением 1 Ом

Продолжение табл. 3

Наименование величины	Единица			Определение
	наименование	Обозначение		
		русское	международное	
Магнитный поток	вебер	Вб	Wb	**Вебер** равен магнитному потоку, при изменении которого со скоростью в 1 Вб в течение 1 с в цепи индуцируется электродвижущая сила в 1 В
Магнитная индукция	тесла	Т	T	**Тесла** равна магнитной индукции, при которой магнитный поток сквозь поперечное сечение площадью 1 м² равен 1 Вб
Индуктивность	генри	Г	H	**Генри** равен индуктивности электрической цепи, с которой при силе постоянного тока в ней 1 А сцепляется магнитный поток равный 1 Вб
Производные единицы световых величин				
Световой поток	люмен	лм	lm	**Люмен** равен световому потоку, испускаемому точечным источником в телесном угле 1 ср при силе света 1 кд
Освещенность	люкс	лк	lx	**Люкс** равен освещенности поверхности площадью 1 м² при световом потоке падающего на нее излучения, равном 1 лм
Яркость	кандела на квадратный метр	кд/м²	cd/m²	**Кандела на квадратный метр** равна яркости равномерно светящейся плоской поверхности площадью 1 м² в перпендикулярном к ней направлении при силе света 1 кд

Примечания: 1. Кроме температуры Кельвина (обозначение T) допускается применять также температуру Цельсия (обозначение t), определяемую выражением $t = T - T_0$, где $T_0 = 273{,}15$ К по определению. Температура Кельвина выражается в кельвинах; температура Цельсия — в градусах Цельсия (обозначение международное и русское ° C). По размеру градус Цельсия равен кельвину.

2. Интервал или разность температур Кельвина выражают в кельвинах. Интервал или разность температур Цельсия допускается выражать как в кельвинах, так и в градусах Цельсия.

4. Внесистемные единицы, допускаемые к применению наравне с единицами СИ

Наименование величины	Единица			
	Наименование	Обозначение		Соотношение с единицей СИ
		международное	русское	
Масса	тонна	t	т	10^3 кг
Время *1	минута	min	мин	60 с
	час	h	ч	3600 с
	сутки	d	сут	86 400 с
Плоский угол	градус	...°	...°	$(\pi : 180)$ рад = $= 1{,}745329 \ldots \times 10^{-2}$ рад
	минута	...′	...′	$(\pi : 10\,800)$ рад = $= 2{,}908882 \ldots \times 10^{-4}$ рад
	секунда	...″	...″	$(\pi : 648\,000)$ рад = $= 4{,}848137 \ldots \times 10^{-6}$ рад
Объем, вместимость	литр *2	l	л	10^{-3} м³

*1 Допускается также применять другие единицы времени, получившие широкое распространение, например, неделя, месяц, год и т. д.

*2 Не рекомендуется применять при точных измерениях.

Приведенные единицы времени и плоского угла не допускается применять с приставками.

5. Важнейшие производные единицы СИ для различных областей науки и техники

Величина	Единица		
	Наименование	Обозначение	
		русское	международное
Площадь	квадратный метр	м²	m^2
Объем, вместимость	кубический метр	м³	m^3
Частота	герц	Гц	Hz
Частота дискретных событий (частота импульсов, ударов и т. п.)	секунда в минус первой степени	$с^{-1}$	s^{-1}
Частота вращения	секунда в минус первой степени	$с^{-1}$	s^{-1}
Период	секунда	с	s
Скорость	метр в секунду	м/с	m/s
Ускорение	метр на секунду в квадрате	$м/с^2$	m/s^2

Продолжение табл. 5

Величина	Единица		
	Наименование	Обозначение	
		русское	международное
Угловая скорость	раднан в секунду	рад/с	rad/s
Угловое ускоренне	радиан на секунду в квадрате	рад/с²	rad/s²
Длина волны	метр	м	m
Сила	ньютон	Н	N
Вес	ньютон	Н	N
Плотность	килограмм на кубический метр	кг/м³	kg/m³
Удельный объем	кубический метр на килограмм	м³/кг	m³/kg
Удельный вес	ньютон на кубический метр	Н/м³	N/m³
Момент силы, момент пары сил	ньютон-метр	Н·м	N·m
Момент инерции (динамический момент инерции)	килограмм-метр в квадрате	кг·м²	kg·m²
Полярный момент инерции площади плоской фигуры	метр в четвертой степени	м⁴	m⁴
Момент сопротивления плоской фигуры отрезка	метр в третьей степени	м³	m³
Давление	паскаль	Па	Pa
Градиент давления	паскаль на метр	Па/м	Pa/m
Количество движения	килограмм-метр в секунду	кг·м/с	kg·m/s
Момент количества движения	килограмм-метр в квадрате в секуиду	кг·м²/с	kg·m²/s
Работа, энергия	джоуль	Дж	J
Мощность	ватт	Вт	W
Продольная и поперечная силы в сечении бруса	ньютон	Н	N
Интенсивность распределения нагрузки	ньютон на метр	Н/м	N/m
Напряжение, касательное напряжение	паскаль	Па	Pa
Угловая деформация (деформация сдвига)	радиан	рад	rad
Модуль продольной упругости, модуль упругости при сдвиге	паскаль	Па	Pa
Изгибающий момент, вращающий (крутящий момент)	ньютон-метр	Н·м	N·m
Жесткость:			
при растяженни, сжатии	ньютон на метр	Н/м	N/m
при кручении, изгибе	ньютон-метр на раднан	Н·м/рад	N·m/rad

СВЕДЕНИЯ ИЗ МАТЕМАТИКИ

6. Перевод градусной меры в радианную (длина дуг окружности радиуса, равного 1)*

Угол	Дуга	Угол	Дуга	Угол	Дуга	Угол	Дуга
1″	0,000005	1′	0,000291	1°	0,017453	20°	0,349066
2″	0,000010	2′	0,000582	2°	0,034907	30°	0,523599
3″	0,000015	3′	0,000873	3°	0,052360	40°	0,698132
4″	0,000019	4′	0,001164	4°	0,069813	50°	0,872665
5″	0,000024	5′	0,001454	5°	0,087266	60°	1,047198
6″	0,000029	6′	0,001745	6°	0,104720	90°	1,570796
7″	0,000034	7′	0,002036	7°	0,122173	180°	3,141593
8″	0,000039	8′	0,002327	8°	0,139626	270°	4,712389
9″	0,000044	9′	0,002618	9°	0,157080	360°	6,283185
10″	0,000049	10′	0,002909	10°	0,174533		

* 1 рад = 57°17′44″; 1° = 0,017453 рад.

7. Квадраты, кубы, корни квадратные и кубические, десятичные логарифмы, обратные величины, длины окружностей и площади кругов для чисел (n, d) от 1,0 до 10,0

$n=d$	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	$\lg n$	πd	$\frac{\pi d^2}{4}$
1,0	1,00	1,000	1,0000	1,0000	1,00000	0,00000	3,1416	0,78540
1,1	1,21	1,331	1,0488	1,0323	0,90909	0,04139	3,4558	0,95033
1,2	1,44	1,728	1,0954	1,0627	0,83333	0,07918	3,7699	1,13097
1,3	1,69	2,197	1,1402	1,0914	0,76923	0,11394	4,0841	1,32732
1,4	1,96	2,744	1,1832	1,1187	0,71429	0,14613	4,3982	1,53938
1,5	2,25	3,375	1,2247	1,1447	0,66667	0,17609	4,7124	1,76715
1,6	2,56	4,096	1,2649	1,1696	0,62500	0,20412	5,0265	2,01062
1,7	2,89	4,913	1,3038	1,1935	0,58823	0,23045	5,3407	2,26980
1,8	3,24	5,832	1,3416	1,2164	0,55556	0,25527	5,6549	2,54469
1,9	3,61	6,859	1,3784	1,2386	0,52632	0,27875	5,9690	2,83529
2,0	4,00	8,000	1,4142	1,2599	0,50000	0,30103	6,2832	3,14159
3,0	9,00	27,000	1,7321	1,4422	0,33333	0,47712	9,4248	7,06858
4,0	16,00	64,000	2,0000	1,5874	0,25000	0,60206	12,5660	12,56640
5,0	25,00	125,000	2,2361	1,7100	0,20000	0,69897	15,7080	19,63500
6,0	36,00	216,000	2,4495	1,8171	0,16667	0,77815	18,8500	28,27430
7,0	49,00	343,000	2,6458	1,9129	0,14286	0,84510	21,9910	38,48450
8,0	64,00	512,000	2,8284	2,0000	0,12500	0,90309	25,1330	50,26550
9,0	81,00	729,000	3,0000	2,0801	0,11111	0,95424	28,2740	63,61730
10,0	100,00	1000,000	3,1623	2,1544	0,10000	1,00000	31,416	78,53980

8. Квадраты, кубы, корни квадратные и кубические, натуральные логарифмы и обратные величины чисел от 11 до 100

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\ln n$	$\frac{1000}{n}$
11	121	1 331	3,3166	2,2240	2,39790	90,9091
12	144	1 728	3,4641	2,2894	2,48491	83,3333
13	169	2 197	3,6056	2,3513	2,56495	76,9231
14	196	2 744	3,7417	2,4101	2,63906	71,4286
15	225	3 375	3,8730	2,4662	2,70805	66,6667
16	256	4 096	4,0000	2,5198	2,77259	62,5000
17	289	4 913	4,1231	2,5713	2,83321	58,8235
18	324	5 832	4,2426	2,6207	2,89037	55,5556
19	361	6 859	4,3589	2,6684	2,94444	52,6316
20	400	8 000	4,4721	2,7144	2,99573	50,0000
21	441	9 261	4,5826	2,7589	3,04452	47,6190
22	484	10 648	4,6904	2,8020	3,09104	45,4545
23	529	12 167	4,7958	2,8439	3,13549	43,4783
24	576	13 824	4,8990	2,8845	3,17805	41,6667
25	625	15 625	5,0000	2,9240	3,21888	40,0000
26	676	17 576	5,0990	2,9625	3,25810	38,4615
27	729	19 683	5,1962	3,0000	3,29584	37,0370
28	784	21 952	5,2915	3,0366	3,33220	35,7143
29	841	24 389	5,3852	3,0723	3,36730	34,4828
30	900	27 000	5,4772	3,1072	3,40120	33,3333
31	961	29 791	5,5678	3,1414	3,43399	32,2581
32	1024	32 768	5,6569	3,1748	3,46574	31,2500
33	1089	35 937	5,7446	3,2075	3,49651	30,3030
34	1156	39 304	5,8310	3,2396	3,52636	29,4118
35	1225	42 875	5,9161	3,2711	3,55535	28,5714
36	1296	46 656	6,0000	3,3019	3,58352	27,7778
37	1369	50 653	6,0828	3,3322	3,61092	27,0270
38	1444	54 872	6,1644	3,3620	3,63759	26,3158
39	1521	59 319	6,2450	3,3912	3,66356	25,6410
40	1600	64 000	6,3246	3,4200	3,68888	25,0000
41	1681	68 921	6,4031	3,4482	3,71357	24,3902
42	1764	74 088	6,4807	3,4760	3,73767	23,8095
43	1849	79 507	6,5574	3,5034	3,76120	23,2558
44	1936	85 184	6,6332	3,5303	3,78419	22,7273
45	2025	91 125	6,7082	3,5569	3,80666	22,2222
46	2116	97 336	6,7823	3,5830	3,82864	21,7394
47	2209	103 823	6,8557	3,6088	3,85015	21,2766
48	2304	110 592	6,9282	3,6342	3,87120	20,8333
49	2401	117 649	7,0000	3,6593	3,89182	20,4082
50	2500	125 000	7,0711	3,6840	3,91202	20,0000
51	2601	132 651	7,1414	3,7084	3,93183	19,6078
52	2704	140 608	7,2111	3,7325	3,95124	19,2308
53	2809	148 877	7,2801	3,7563	3,97029	18,8679
54	2916	157 464	7,3485	3,7798	3,98898	18,5185
55	3025	166 375	7,4162	3,8030	4,00733	18,1818
56	3136	175 616	7,4833	3,8259	4,02535	17,8571
57	3249	185 193	7,5498	3,8485	4,04305	17,5439
58	3364	195 112	7,6158	3,8709	4,06044	17,2414
59	3481	205 379	7,6811	3,8930	4,07754	16,9492
60	3600	216 000	7,7460	3,9149	4,09434	16,6667
61	3721	226 981	7,8102	3,9365	4,11087	16,3934
62	3844	238 328	7,8740	3,9579	4,12713	16,1290
63	3969	250 047	7,9373	3,9791	4,14313	15,8730
64	4096	262 144	8,0000	4,0000	4,15888	15,6250
65	4225	274 625	8,0623	4,0207	4,17439	15,3846
66	4356	287 496	8,1240	4,0412	4,18965	15,1515
67	4489	300 763	8,1854	4,0615	4,20469	14,9254
68	4624	314 432	8,2462	4,0817	4,21951	14,7059
69	4761	328 509	8,3066	4,1016	4,23411	14,4928
70	4900	343 000	8,3666	4,1213	4,24850	14,2857
71	5041	357 911	8,4261	4,1408	4,26268	14,0845

Продолжение табл. 8

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\ln n$	$\frac{1000}{n}$
72	5 184	373 248	8,4853	4,1602	4,27667	13,8889
73	5 329	389 017	8,5440	4,1793	4,29046	13,6986
74	5 476	405 224	8,6023	4,1983	4,30407	13,5135
75	5 625	421 775	8,6603	4,2172	4,31749	13,3333
76	5 776	438 976	8,7178	4,2358	4,33073	13,1579
77	5 929	456 533	8,7750	4,2543	4,34381	12,9870
78	6 084	474 552	8,8318	4,2727	4,35671	12,8205
79	6 241	493 039	8,8882	4,2908	4,36945	12,6582
80	6 400	512 000	8,9443	4,3089	4,38203	12,5000
81	6 561	531 441	9,0000	4,3267	4,39445	12,3457
82	6 724	551 368	9,0554	4,3445	4,40672	12,1951
83	6 889	571 787	9,1104	4,3621	4,41884	12,0482
84	7 056	592 704	9,1652	4,3795	4,43082	11,9048
85	7 225	614 125	9,2195	4,3968	4,44265	11,7647
86	7 396	636 056	9,2736	4,4140	4,45435	11,6279
87	7 569	658 503	9,3274	4,4310	4,46591	11,4943
88	7 744	681 472	9,3808	4,4480	4,47734	11,3636
89	7 921	704 969	9,4340	4,4647	4,48864	11,2360
90	8 100	729 000	9,4868	4,4814	4,49981	11,1111
91	8 281	753 571	9,5394	4,4979	4,51086	10,9890
92	8 464	778 688	9,5917	4,5144	4,52179	10,8696
93	8 649	804 357	9,6437	4,5307	4,53260	10,7527
94	8 836	830 584	9,6954	4,5468	4,54329	10,6383
95	9 025	857 375	9,7468	4,5629	4,55388	10,5263
96	9 216	884 736	9,7980	4,5789	4,56435	10,4167
97	9 409	912 673	9,8489	4,5947	4,57471	10,3093
98	9 604	941 192	9,8995	4,6104	4,58497	10,2041
99	9 801	970 229	9,9499	4,6261	4,59512	10,1010
100	10 000	1 000 000	10,0000	4,6416	4,60517	10,0000

9. Корни из чисел меньше единицы

n	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	n	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$
0,01	0,1000	0,2154	1/4	0,5000	0,6300
0,02	0,1414	0,2714	3/4	0,8660	0,9086
0,03	0,1732	0,3107	1/6	0,4083	0,5503
0,04	0,2000	0,3420	5/6	0,9129	0,9410
0,05	0,2236	0,3684	1/7	0,3780	0,5228
0,06	0,2449	0,3915	2/7	0,5345	0,6586
0,07	0,2646	0,4121	3/7	0,6547	0,7540
0,08	0,2828	0,4309	4/7	0,7559	0,8298
0,09	0,3000	0,4481	5/7	0,8452	0,8939
0,1	0,3162	0,4642	6/7	0,9256	0,9499
0,2	0,4472	0,5848	1/8	0,3536	0,5000
0,25	0,5000	0,6300	3/8	0,6124	0,7211
0,3	0,5477	0,6694	5/8	0,7906	0,8550
0,4	0,6325	0,7368	7/8	0,9354	0,9565
0,5	0,7071	0,7937	1/9	0,3333	0,4808
0,6	0,7746	0,8434	2/9	0,4714	0,6057
0,7	0,8367	0,8879	4/9	0,6667	0,7631
0,75	0,8660	0,9086	5/9	0,7454	0,8221
0,8	0,8944	0,9283	7/9	0,8819	0,9196
0,9	0,9787	0,9655	1/12	0,2887	0,4368
1/3	0,5774	0,6934	5/12	0,6455	0,7469
2/3	0,8165	0,8736	7/12	0,7638	0,8356

Логарифмы. Логарифмом числа N при основании a называется показатель степени n, в которую нужно возвести a, чтобы получить N, т. е. $a^n = N$, откуда $n = \log_a N$ или $a^{\log_a N} = N$ (a — постоянное положительное число, не равное единице).

Основные свойства логарифмов при одном и том же основании приведены в табл. 10, а некоторые постоянные и их десятичные логарифмы — в табл. 11.

Употребительные системы логарифмов: десятичные (обыкновенные) логарифмы обозначаются lg (основание десятичных логарифмов $a = 10$); натуральные логарифмы обозначаются ln (основание натуральных логарифмов $a = e = 2{,}71828...$). Значения натуральных и десятичных логарифмов приведены в табл. 12 и 13. Натуральные логарифмы переводятся в десятичные по формуле $\lg N = 0{,}43429 \ln N$; а десятичные в натуральные — по формуле $\ln N = 2{,}30259 \lg N$.

10. Основные свойства логарифмов при одном и том же основании

$a \neq 1$

Свойство	Формула
При любом основании логарифм единицы равен нулю	$\log_a 1 = 0$
Логарифм самого основания равен единице	$\log_a a = 1$
Логарифм нуля равен бесконечности	$\log_a 0 = \begin{cases} -\infty & \text{при } a > 1 \\ +\infty & \text{при } a < 1 \end{cases}$
Логарифм произведения равен сумме логарифмов сомножителей	$\log_a (bc) = \log_a b + \log_a c$
Логарифм частного (дробн) равен разности логарифмов делимого (числителя) и делителя (знаменателя)	$\log_a \frac{b}{c} = \log_a b - \log_a c$
Логарифм степени равен произведению показателя степени на логарифм ее основания	$\log_a b^m = m \cdot \log_a b$
Логарифм корня равен частному от деления логарифма подкоренного выражения на показатель корня	$\log_a \sqrt[m]{b} = \frac{\log_a b}{m}$

11. Некоторые постоянные и их десятичные логарифмы

Величина	n	$\lg n$	Величина	n	$\lg n$
π	3,1416	0,4971	$\sqrt[3]{\pi}$	1,4646	0,1657
2π	6,2832	0,7982	$\sqrt[3]{4\pi : 3}$	1,6120	0,2074
3π	9,4248	0,9743	$\sqrt[3]{3 : 4\pi}$	0,6203	$\bar{1}$,7926
4π	12,5664	1,0992	$1 : \pi^2$	0,1013	$\bar{1}$,0057
6π	18,8496	1,2753	$1 : \sqrt{\pi}$	0,5642	$\bar{1}$,7513
$4\pi : 3$	4,1888	0,6221	$\sqrt{2\pi}$	2,5066	0,3991
$\pi : 2$	1,5708	0,1961	$\sqrt{\pi : 2}$	1,2533	0,0981
$\pi : 3$	1,0472	0,0200	$\sqrt{2 : \pi}$	0,7979	$\bar{1}$,9019
$\pi : 4$	0,7854	$\bar{1}$,8951	e	2,7183	0,4343
$\pi : 6$	0,5236	$\bar{1}$,7190	e^2	7,3891	0,8686
$\pi : 180$	0,0175	$\bar{2}$,2419	e^3	20,0855	1,3029
$\pi : 10\,800$	0,0003	$\bar{4}$,4637	$1 : e$	0,3679	$\bar{1}$,5657
$\pi : 648\,000$	0,000005	$\bar{6}$,6856	$1 : e^2$	0,1353	$\bar{1}$,1314
$2 : \pi$	0,6366	$\bar{1}$,8039	$\sqrt{e}$	1,6487	0,2171
$180 : \pi$	57,2958	1,7581	$\sqrt[3]{e}$	1,3956	0,1448
$1 : \pi$	0,3183	$\bar{1}$,5028	g	9,81	0,9917
$1 : 2\pi$	0,1592	$\bar{1}$,2018	g^2	96,2361	1,9833
$1 : 3\pi$	0,1061	$\bar{1}$,0257	$\sqrt{g}$	3,1321	0,4958
$1 : 4\pi$	0,0796	$\bar{2}$,9008	$1 : g$	0,1019	$\bar{1}$,0083
π^2	9,8696	0,9943	$1 : g^2$	0,0104	$\bar{2}$,0167
$2\pi^2$	19,7392	1,2953	$1 : \sqrt{g}$	0,3193	$\bar{1}$,5042
$\sqrt{\pi}$	1,7725	0,2486	$\pi\sqrt{g}$	9,8398	0,9930
$\sqrt{1 : \pi}$	0,5642	$\bar{1}$,7513			
$\sqrt{1 : 2\pi}$	0,3989	$\bar{1}$,6009			

12. Десятичные логарифмы *†

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0000	0043	0086	0128	0170	0212	0253	0294	0334	0374
11	0414	0453	0492	0531	0569	0607	0645	0682	0719	0755
12	0792	0828	0864	0899	0934	0969	1004	1038	1072	1106
13	1139	1173	1206	1239	1271	1303	1335	1367	1399	1430
14	1461	1492	1523	1553	1584	1614	1644	1673	1703	1732
15	1761	1790	1818	1847	1875	1903	1931	1959	1987	2014
16	2041	2068	2095	2122	2148	2175	2201	2227	2253	2279
17	2304	2330	2355	2380	2405	2430	2455	2480	2504	2529
18	2553	2577	2601	2625	2648	2672	2695	2718	2742	2765
19	2788	2810	2833	2856	2878	2900	2923	2945	2967	2989
20	3010	3032	3054	3075	3096	3118	3139	3160	3181	3201
21	3222	3243	3263	3284	3304	3324	3345	3365	3385	3404
22	3424	3444	3464	3483	3502	3522	3541	3560	3579	3598
23	3617	3636	3655	3674	3692	3711	3729	3747	3766	3784
24	3802	3820	3838	3856	3874	3892	3909	3927	3945	3962
25	3979	3997	4014	4031	4048	4065	4082	4099	4116	4133
26	4150	4166	4183	4200	4216	4232	4249	4265	4281	4298

Продолжение табл. 12

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
27	4314	4330	4346	4362	4378	4393	4409	4425	4440	4456
28	4472	4487	4502	4518	4533	4548	4564	4579	4594	4609
29	4624	4639	4654	4669	4683	4698	4713	4728	4742	4757
30	4771	4786	4800	4814	4829	4843	4857	4871	4886	4900
31	4914	4928	4942	4955	4969	4983	4997	5011	5024	5038
32	5051	5065	5079	5092	5105	5119	5132	5145	5159	5172
33	5185	5198	5211	5224	5237	5250	5263	5276	5289	5302
34	5315	5328	5340	5353	5366	5378	5391	5403	5416	5428
35	5441	5441	5465	5478	5490	5502	5514	5527	5539	5551
36	5563	5575	5587	5599	5611	5623	5635	5647	5658	5670
37	5682	5694	5705	5717	5729	5740	5752	5763	5775	5786
38	5798	5809	5821	5832	5843	5855	5866	5877	5888	5899
39	5911	5922	5933	5944	5955	5966	5977	5988	5999	6010
40	6021	6031	6042	6053	6064	6075	6085	6096	6107	6117
41	6128	6138	6149	6160	6170	6180	6191	6201	6212	6222
42	6232	6243	6253	6263	6274	6284	6294	6304	6314	6325
43	6335	6345	6355	6365	6375	6385	6395	6405	6415	6425
44	6435	6444	6454	6464	6474	6484	6493	6503	6513	6522
45	6532	6542	6551	6561	6571	6580	6590	6599	6609	6618
46	6628	6637	6646	6656	6665	6675	6684	6693	6702	6712
47	6721	6730	6739	6749	6758	6767	6776	6785	6794	6803
48	6812	6821	6830	6839	6848	6857	6866	6875	6884	6893
49	6902	6911	6920	6928	6937	6946	6955	6964	6972	6981
50	6990	6998	7007	7016	7024	7033	7042	7050	7059	7067
51	7076	7084	7093	7101	7110	7118	7126	7135	7143	7152
52	7160	7168	7177	7185	7193	7202	7210	7218	7226	7235
53	7243	7251	7259	7267	7275	7284	7292	7300	7308	7316
54	7324	7332	7340	7348	7356	7364	7372	7380	7388	7396
55	7404	7412	7419	7427	7435	7443	7451	7459	7466	7474
56	7482	7490	7497	7505	7513	7520	7528	7536	7543	7551
57	7559	7566	7574	7582	7589	7597	7604	7612	7619	7627
58	7634	7642	7649	7657	7664	7672	7679	7686	7694	7701
59	7709	7716	7723	7731	7738	7745	7752	7760	7767	7774
60	7782	7789	7796	7803	7810	7818	7825	7832	7839	7846
61	7853	7860	7868	7875	7882	7889	7896	7903	7910	7917
62	7924	7931	7938	7945	7952	7959	7966	7973	7980	7987
63	7993	8000	8007	8014	8021	8028	8035	8041	8048	8055
64	8062	8069	8075	8082	8089	8096	8102	8109	8116	8122
65	8129	8136	8142	8149	8156	8162	8169	8176	8182	8189
66	8195	8202	8209	8215	8222	8228	8235	8241	8248	8254
67	8261	8267	8274	8280	8287	8293	8299	8306	8312	8319
68	8325	8331	8338	8344	8351	8357	8363	8370	8376	8382
69	8388	8395	8401	8407	8414	8420	8426	8432	8439	8445
70	8451	8457	8463	8470	8476	8482	8488	8494	8500	8506
71	8513	8519	8525	8531	8537	8543	8549	8555	8561	8567
72	8573	8579	8585	8591	8597	8603	8609	8615	8621	8627
73	8633	8639	8645	8651	8657	8663	8669	8675	8681	8686
74	8692	8698	8704	8710	8716	8722	8727	8733	8739	8745
75	8751	8756	8762	8768	8774	8779	8785	8791	8797	8802
76	8808	8814	8820	8825	8831	8837	8842	8848	8854	8859
77	8865	8871	8876	8882	8887	8893	8899	8904	8910	8915
78	8921	8927	8932	8938	8943	8949	8954	8960	8965	8971
79	8976	8982	8987	8993	8998	9004	9009	9015	9020	9025
80	9031	9036	9042	9047	9053	9058	9063	9069	9074	9079
81	9085	9090	9096	9101	9106	9112	9117	9122	9128	9133
82	9138	9143	9149	9154	9159	9165	9170	9175	9180	9186
83	9191	9196	9201	9206	9212	9217	9222	9227	9232	9238
84	9243	9248	9253	9258	9263	9269	9274	9279	9284	9289
85	9294	9299	9304	9309	9315	9320	9325	9330	9335	9340
86	9345	9350	9355	9360	9365	9370	9375	9380	9385	9390
87	9395	9400	9405	9410	9415	9420	9425	9430	9435	9440
88	9445	9450	9455	9460	9465	9469	9474	9479	9484	9489

Продолжение табл. 12

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
89	9494	9499	9504	9509	9513	9518	9523	9528	9533	9538
90	9542	9547	9552	9557	9562	9566	9571	9576	9581	9586
91	9590	9595	9600	9605	9609	9614	9619	9624	9628	9633
92	9638	9643	9647	9652	9657	9661	9666	9671	9675	9680
93	9685	9689	9694	9699	9703	9708	9713	9717	9722	9727
94	9731	9736	9741	9745	9750	9754	9759	9763	9768	9773
95	9777	9782	9786	9791	9795	9800	9805	9809	9814	9818
96	9823	9827	9832	9836	9841	9845	9850	9854	9859	9863
97	9868	9872	9877	9881	9886	9890	9894	9899	9903	9908
98	9912	9917	9921	9926	9930	9934	9939	9943	9948	9952
99	9956	9961	9965	9969	9974	9978	9983	9987	9991	9996

*1 Таблица предназначена для нахождения десятичных логарифмов чисел. В соответствии с правилами логарифмирования для числа определяют характеристику логарифма (см. стр. 23), а мантиссу берут из таблицы.

Для трехзначного числа мантиссу находят на пересечении строки, в которой (графа N) находятся две первые цифры числа, и графы третьей цифры числа; например, мантиссу числа 395 находят на пересечении строки 39 и графы 5 — 5966.

Мантиссы одно- и двухзначных чисел находят на пересечении строки, в которой находится двухзначное число или увеличенное в 10 раз однозначное число, и графы 0; так, для чисел 600, 60 и 6 мантисса равна 7782.

13. Антилогарифмы *1

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
00	1000	1002	1005	1007	1009	1012	1014	1016	1019	1021
01	1023	1026	1028	1030	1033	1035	1038	1040	1042	1045
02	1047	1050	1052	1054	1057	1059	1062	1064	1067	1069
03	1072	1074	1076	1079	1081	1084	1086	1089	1091	1094
04	1096	1099	1102	1104	1107	1109	1112	1114	1117	1119
05	1122	1125	1127	1130	1132	1135	1138	1140	1143	1146
06	1148	1151	1153	1156	1159	1161	1164	1167	1169	1172
07	1175	1178	1180	1183	1186	1189	1191	1194	1197	1199
08	1202	1205	1208	1211	1213	1216	1219	1222	1225	1227
09	1230	1233	1236	1239	1242	1245	1247	1250	1253	1256
10	1259	1262	1265	1268	1271	1274	1276	1279	1282	1285
11	1288	1291	1294	1297	1300	1303	1306	1309	1312	1315
12	1318	1321	1324	1327	1330	1334	1337	1340	1343	1346
13	1349	1352	1355	1358	1361	1365	1368	1371	1374	1377
14	1380	1384	1387	1390	1393	1396	1400	1403	1406	1409
15	1413	1416	1419	1422	1426	1429	1432	1435	1439	1442
16	1445	1449	1452	1455	1459	1462	1466	1469	1472	1476
17	1479	1483	1486	1489	1493	1496	1500	1503	1507	1510
18	1514	1517	1521	1524	1528	1531	1535	1538	1542	1545
19	1549	1552	1556	1560	1563	1567	1570	1574	1578	1581
20	1585	1589	1592	1596	1600	1603	1607	1611	1614	1618
21	1622	1626	1629	1633	1637	1641	1644	1648	1652	1656
22	1660	1663	1667	1671	1675	1679	1683	1687	1690	1694
23	1698	1702	1706	1710	1714	1718	1722	1726	1730	1734
24	1738	1742	1746	1750	1754	1758	1762	1766	1770	1774
25	1778	1782	1786	1791	1795	1799	1803	1807	1811	1816

Продолжение табл. 13

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
26	1820	1824	1828	1832	1837	1841	1845	1849	1854	1858
27	1862	1864	1871	1875	1879	1884	1888	1892	1897	1901
28	1905	1910	1914	1919	1923	1928	1932	1936	1941	1945
29	1950	1954	1959	1963	1968	1972	1977	1982	1986	1991
30	1995	2000	2004	2009	2014	2018	2023	2028	2032	2037
31	2042	2046	2051	2056	2061	2065	2070	2075	2080	2084
32	2089	2094	2099	2104	2109	2113	2118	2123	2128	2133
33	2138	2143	2148	2153	2158	2163	2168	2173	2178	2183
34	2188	2193	2198	2203	2208	2213	2218	2223	2228	2234
35	2239	2244	2249	2254	2259	2265	2270	2275	2280	2286
36	2291	2296	2301	2307	2312	2317	2323	2328	2333	2339
37	2344	2350	2355	2360	2366	2371	2377	2382	2388	2393
38	2399	2404	2410	2415	2421	2427	2432	2438	2443	2449
39	2455	2460	2466	2472	2477	2483	2489	2495	2500	2506
40	2512	2518	2523	2529	2535	2541	2547	2553	2559	2564
41	2570	2576	2582	2588	2594	2600	2606	2612	2618	2624
42	2630	2636	2642	2649	2655	2661	2667	2673	2679	2685
43	2692	2698	2704	2710	2716	2723	2729	2735	2742	2748
44	2754	2761	2767	2773	2780	2786	2793	2799	2805	2812
45	2818	2825	2831	2838	2844	2851	2858	2864	2871	2877
46	2884	2891	2897	2904	2911	2917	2924	2931	2938	2944
47	2951	2958	2965	2972	2979	2985	2992	2999	3006	3013
48	3020	3027	3034	3041	3048	3055	3062	3069	3076	3083
49	3090	3097	3105	3112	3119	3126	3133	3141	3148	3155
50	3162	3170	3177	3184	8192	3199	3206	3214	3221	3228
51	3236	3243	3251	3258	3266	3273	3281	3289	3296	3304
52	3311	3319	3327	3334	3342	3350	3357	3365	3373	3381
53	3388	3396	3404	3412	3420	3428	3436	3443	3451	3459
54	3467	3475	3483	3491	3499	3508	8516	3524	3532	3540
55	3548	3556	3565	3573	3681	3589	3597	3606	3614	3622
56	3631	3639	3648	3656	3664	3673	3681	3690	3698	3707
57	3715	3724	3733	3741	3750	3758	3767	3776	3784	3793
58	3802	3811	3819	3828	3837	3846	3855	3864	3873	3882
59	3890	3899	3908	3917	3926	3936	3945	3954	3963	3972
60	3981	3990	3999	4009	4018	4027	4036	4046	4055	4064
61	4074	4083	4093	4102	4111	4121	4130	4140	4150	4159
62	4169	4178	4188	4198	4207	4217	4227	4236	4246	4256
63	4266	4276	4285	4295	4305	4315	4325	4335	4345	4355
64	4365	4375	4385	4395	4406	4416	4426	4436	4446	4457
65	4467	4477	4487	4498	4508	4519	4529	4539	4550	4560
66	4571	4581	4592	4603	4613	4624	4634	4645	4656	4667
67	4677	4688	4699	4710	4721	4732	4742	4753	4764	4775
68	4786	4797	4808	4819	4831	4842	4853	4864	4875	4887
69	4898	4909	4920	4932	4943	4955	4966	4977	4989	5000
70	5012	5023	5035	5047	5058	5070	5082	5093	5105	5117
71	5129	5140	5152	5164	5176	5188	5200	5212	5224	5236
72	5248	5260	5272	5284	5297	5309	5821	5333	5346	5358
73	5370	5383	5395	5408	5420	5433	5445	5458	5470	5483
74	5495	5508	5521	5534	5546	5559	5572	5585	5598	5610
75	5623	5636	5649	5662	5675	5689	5702	5715	5728	5741
76	5754	5768	5781	5794	5808	5821	5834	5848	5861	5875
77	5888	5902	5916	5929	5943	5957	5970	5984	5998	6012
78	6026	6039	6053	6067	6081	6095	6109	6124	6138	6152
79	6166	6180	6194	6209	6223	6237	6252	6266	6281	6295
80	6310	6324	6339	6353	6368	6383	6397	6412	6427	6442
81	6457	6471	6486	6501	6516	6531	6546	6561	6577	6592
82	6607	6622	6637	6653	6668	6683	6699	6714	6730	6745
83	6761	6776	6792	6808	6823	6839	6855	6871	6887	6902
84	6918	6934	6950	6966	6982	6998	7015	7031	7047	7063
85	7079	7096	7112	7129	7145	7161	7178	7194	7211	7228
86	7244	7261	7278	7295	7311	7328	7345	7362	7379	7396
87	7413	7430	7447	7464	7482	7499	7516	7534	7551	7568

Продолжение табл. 13

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
88	7586	7603	7621	7638	7656	7674	7691	7709	7727	7745
89	7762	7780	7798	7816	7834	7852	7870	7889	7907	7925
90	7943	7962	7980	7998	8017	8035	8054	8072	8091	8110
91	8128	8147	8166	8185	8204	8222	8241	8260	8279	8299
92	8318	8337	8356	8375	8395	8414	8433	8453	8472	8492
93	8511	8531	8551	8570	8590	8610	8630	8650	8670	8690
94	8710	8730	8750	8770	8790	8810	8831	8851	8872	8892
95	8913	8933	8954	8974	8995	9016	9036	9057	9078	9099
96	9120	9141	9162	9183	9204	9226	9247	9268	9290	9311
97	9333	9354	9376	9397	9419	9441	9462	9484	9506	9528
98	9550	9572	9594	9616	9638	9661	9683	9705	9727	9750
99	9772	9795	9817	9840	9863	9886	9908	9931	9954	9977

*1 Антилогарифмы служат для нахождения числа по его десятичному логарифму. Цифровой состав числа находят по мантиссе на пересечении строки, определяемой двумя первыми цифрами мантиссы (графа N), и графы третьей цифры числа. Положение запятой в полученном числе определяется характеристикой логарифма (см. стр. 23).

Примеры: $\lg x = 1{,}364$; $x = 2{,}312$

$\lg x = \bar{2}{,}364$; $x = 0{,}02312$

Свойства десятичных логарифмов. Десятичные логарифмы записывают в виде десятичной дроби с точностью до определенного десятичного знака. Целая часть дроби называется *характеристикой логарифма*, а дробная — *мантиссой*; например, $\lg 148 = 2{,}17036$ — характеристика 2, мантисса 0,17036.

Характеристику определяют следующим образом:

1. Если логарифмируемое число больше единицы, то характеристика его десятичного логарифма на единицу меньше числа его цифр, стоящих перед запятой, например $\lg 5{,}666 = 0, \ldots$; $\lg 96{,}459 = 1, \ldots$; $\lg 5432{,}56 = 3, \ldots$.

2. Если логарифмируемое число меньше единицы, то характеристика по абсолютной величине на единицу больше числа нулей после запятой (т. е. равна общему числу нулей; при этом мантисса остается положительной); например $\lg 0{,}456 = \bar{1}, \ldots$; $\lg 0{,}000127 = \bar{4}, \ldots$; $\lg = 0{,}00002 = \bar{5}, \ldots$

Мантиссу логарифма находят по табл. 12. При умножении (или делении) числа на 10, 100, 1000... (т. е. на единицу с последующими нулями) положительная мантисса не изменяется, а характеристика увеличивается (или уменьшается) на столько единиц, сколько нулей во множителе (или делителе), например $\lg 148 = 2{,}1703$; $\lg 14\,800 = 4{,}1703$; $\lg 0{,}00148 = \bar{3}{,}1703$.

У логарифмов чисел, меньших единицы, над характеристикой ставится знак $^-$, так как мантисса остается положительной. Чтобы преобразовать логарифм с положительной мантиссой в логарифм с отрицательной мантиссой, надо к характеристике прибавить $+1$, а мантиссу вычесть из 1, например $\bar{2}{,}6219 = (-2+1)+(1-0{,}6219) = -1{,}3781$.

Чтобы преобразовать логарифм с отрицательной мантиссой в логарифм с положительной мантиссой, надо к характеристике приба-

вить -1, а к мантиссе прибавить $+1$, например $-1{,}3781=(-1-1)+$ $+(-0{,}3781+1)=\bar{2}{,}6219$.

Пропорции. Пропорцией называют равенство двух отношений $\frac{a}{b}=\frac{c}{d}$ или $a:b=c:d$; a и d — называют крайними членами пропорции, а b и c — средними членами.

Основное свойство пропорции: произведение крайних членов пропорции равно произведению средних ее членов, т. е. $ad=bc$ для пропорции $a:b=c:d$.

Вычисление неизвестных членов пропорции:

а) неизвестный крайний член пропорции равен произведению средних членов, деленному на известный крайний, т. е. если $x:a=b:c$, то $x=\frac{ab}{c}$;

б) неизвестный средний член пропорции равен произведению крайних членов, деленному на известный средний, т. е. если $a:x=b:c$, то $x=\frac{ac}{b}$.

Перестановка членов пропорции. Пропорция не нарушится (основное свойство пропорции $ad=bc$ будет выполняться) при следующих перестановках членов пропорции:

$$a:b=c:d;\quad a:c=b:d;\quad c:d=a:b;$$

$$d:b=c:a;\quad d:c=b:a;\quad b:d=a:c;$$

$$c:a=d:b;\quad b:a=d:c.$$

Проценты. Процентом какого-либо числа называют сотую часть этого числа и обозначают знаком %, например $\frac{5}{100}A=0{,}05A=5\,\%\,A$ есть 5 процентов величины A. Тысячную долю числа называют *промилле* и обозначают ‰, например $0{,}025=2{,}5\,\%=25\,‰$.

Нахождение процентов данного числа. Чтобы найти p процентов данного числа A, достаточно число A разделить на 100 и умножить на число процентов p, т. е. p % числа A равны $\frac{A\cdot p}{100}$.

Нахождение числа по данной величине его процента. Чтобы найти число A, p % которого равны a, нужно величину a разделить на p и умножить на 100, т. е. если p % числа A равны a, то число $A=\frac{a\cdot 100}{p}$.

Нахождение процентного отношения двух чисел. Чтобы вычислить процентное отношение числа a к числу b, нужно a разделить на b и умножить на 100, т. е. процентное отношение числа a к числу b равно $\frac{a\cdot 100}{b}$ %.

Начисление простых и сложных процентов. При начислении простых процентов, т. е. когда проценты каждый год начисляются от начальной суммы, начальная сумма K при процентной таксе p % через t лет обращается в сумму K_t, вычисляемую по формуле

$$K_t=K\left(1+\frac{p}{100}t\right).$$

Например, при процентной таксе, равной 3 %, начальная сумма в 1000 р. через 5 лет превращается в $1000\left(1+\frac{3}{100}\cdot 5\right)=1150$ р.

При начислении сложных процентов (когда проценты начисляются не от начальной суммы, а от суммы с начисленными за предыдущие годы процентами) один раз в год начальная сумма K при процентной таксе p % через t лет обращается в сумму

$$K_t=K\left(1+\frac{p}{100}\right)^t \quad\text{или}\quad K_t=Kq^t,\quad\text{где}\quad q=1+\frac{p}{100}.$$

Так, начальная сумма в 1000 р. при 3 %-ной таксе за 5 лет при начислении сложных процентов обратится в $K_t=1000\cdot 1{,}03^5=$ $=1159$ р. 27 к.

Прогрессии. *Арифметическая прогрессия* — это такая последовательность чисел или членов прогрессии $a_1, a_2 \ldots a_n$, в которой каждое последующее число отличается от предыдущего на некоторое постоянное число r, называемое *разностью* прогрессии. Если $r>0$, то прогрессия называется *возрастающей*, если $r<0$ — *убывающей*.

Пример. 1, 4, 7, 10, 13, ... — $r=3$; 15, 13, 11, 9, 7, ... — $r=-2$.

Любой член арифметической прогрессии a_n и сумму S_n первых членов прогрессии вычисляют по формулам

$$a_n=a_1+(n-1)r;\quad S_n=\frac{n(a_1+a_n)}{2}.$$

Геометрическая прогрессия — это такая последовательность чисел или членов прогрессии $b_1, b_2 \ldots b_n$, в которой каждое последующее число получается из предыдущего умножением его на определенное число q, называемое *знаменателем* прогрессии. Если $|q|>1$, то прогрессия называется *возрастающей*, а если $|q|<1$ — *убывающей*.

Пример. 3, 6, 12, 24, 48, ... — $q=2$; 64, 32, 16, 8, ... — $q=0{,}5$

Основные правила алгебраических преобразований

1. $(-a)\cdot(-b)=+ab$; $(-a)\cdot(+b)=-ab$;
2. $(+a):(+b)=+\frac{a}{b}$; $(-a):(-b)=+\frac{a}{b}$; $(+a):(-b)=-\frac{a}{b}$;
3. $(a+b)(a-b)=a^2-b^2$;
4. $(a\pm b)^2=a^2\pm 2ab+b^2$; $(a\pm b)^3=a^3\pm 3a^2b+3ab^2\pm b^3$;
5. $a^3\pm b^3=(a\pm b)(a^2\mp ab+b^2)$;
6. $(a\cdot b\cdot c\ldots)^n=a^n\cdot b^n\cdot c^n\ldots$; $\left(\frac{a}{b}\right)^n=\frac{a^n}{b^n}$;
7. $a^n\cdot b^n=(a\cdot b)^n$; $a^m\cdot a^n=a^{m+n}$; $a^m:a^n=a^{m-n}$;
8. $1^n=1$; $0^n=0$; $a^0=1$; $a^{-n}=\frac{1}{a^n}$; $(a^m)^n=a^{m\cdot n}$;
9. $\sqrt[n]{a}=a^{\frac{1}{n}}$; $\sqrt[n]{a^n}=a$; $\sqrt[n]{ab}=\sqrt[n]{a}\cdot\sqrt[n]{b}$;

10. $\sqrt[n]{\frac{a}{b}}=\frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}}$; $\sqrt[n]{\sqrt[m]{a}}=\sqrt[nm]{a}$; $\sqrt[m]{a^n}=a^{\frac{n}{m}}$;

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

12. $\sqrt{(a+b)^2}=\pm(a+b)$.

Тригонометрические фуикции. Основные тригонометрические функции углов прямоугольного треугольника выражаются соответствующими соотношениями его сторон (рис. 1):

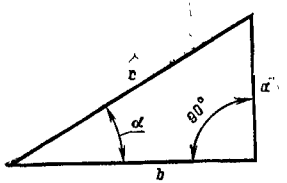


Рис. 1.

синус $\left(\sin\alpha=\frac{a}{c}\right)$ — отношение катета, противолежащего данному углу, к гипотенузе;

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

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

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

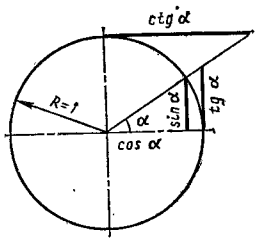


Рис. 2.

Графически тригонометрические функции можно представить и виде отрезков (рис. 2), построенных на окружности, радиус которой равен 1.

Знак функции зависит от величины угла (табл. 14). Функции углов, больших 90°, могут быть приведены к функциям углов прямоугольного треугольника (меньших 90°).

Значения тригонометрических функций углов от 0 до 90° с интервалом в 1° даны в табл. 15, а для углов от 0 до 1° и от 89 до 90° с интервалом через 1′ даны в табл. 16.

14. Знаки функций и формулы приведения

Функция	Угол φ							
	0—90°	90—180°	180—270°	270—360°	360° ± α	90° ± α	180° ± α	270° ± α
sin φ	+	+	−	−	± sin α	+ cos α	∓ sin α	− cos α
cos φ	+	−	−	+	− cos α	± sin α	− cos α	∓ sin α
tg φ	+	−	+	−	± tg α	∓ ctg α	± tg α	∓ ctg α
ctg φ	+	−	+	−	± ctg α	∓ tg α	± ctg α	∓ tg α

15. Значения тригонометрических функций (через 1°)

α°	sin α	cos α	tg α	ctg α	α°
0	0,0000	1,0000	0,0000	± ∞	0
1	0,0175	0,9998	0,0175	57,290	1
2	0,0349	0,9994	0,0349	28,636	2
3	0,0523	0,9986	0,0524	19,081	3
4	0,0698	0,9976	0,0699	14,301	4
5	0,0872	0,9962	0,0875	11,430	5
6	0,1045	0,9945	0,1051	9,514	6
7	0,1219	0,9925	0,1228	8,144	7
8	0,1392	0,9903	0,1405	7,115	8
9	0,1564	0,9877	0,1584	6,314	9
10	0,1736	0,9848	0,1763	5,671	10
11	0,1908	0,9816	0,1944	5,145	11
12	0,2079	0,9781	0,2126	4,705	12
13	0,2250	0,9744	0,2309	4,331	13
14	0,2419	0,9703	0,2493	4,011	14
15	0,2588	0,9659	0,2679	3,732	15
16	0,2756	0,9613	0,2867	3,487	16
17	0,2924	0,9563	0,3057	3,271	17
18	0,3090	0,9511	0,3249	3,078	18
19	0,3256	0,9455	0,3443	2,904	19
20	0,3420	0,9397	0,3640	2,747	20
21	0,3584	0,9336	0,3839	2,605	21
22	0,3746	0,9272	0,4040	2,475	22
23	0,3907	0,9205	0,4245	2,356	23
24	0,4067	0,9135	0,4452	2,246	24
25	0,4226	0,9063	0,4663	2,145	25
26	0,4384	0,8988	0,4877	2,050	26
27	0,4540	0,8910	0,5095	1,963	27
28	0,4695	0,8829	0,5317	1,881	28

Продолжение табл. 15

α°	sin α	cos α	tg α	ctg α	α°
29	0,4848	0,8746	0,5543	1,804	29
30	0,5000	0,8660	0,5774	1,732	30
31	0,5150	0,8572	0,6009	1,664	31
32	0,5299	0,8480	0,6249	1,600	32
33	0,5446	0,8387	0,6494	1,540	33
34	0,5592	0,8290	0,6745	1,483	34
35	0,5736	0,8192	0,7002	1,428	35
36	0,5878	0,8090	0,7265	1,376	36
37	0,6018	0,7986	0,7536	1,327	37
38	0,6157	0,7880	0,7813	1,280	38
39	0,6293	0,7771	0,8098	1,235	39
40	0,6428	0,7660	0,8391	1,192	40
41	0,6561	0,7547	0,8693	1,150	41
42	0,6691	0,7431	0,9004	1,111	42
43	0,6820	0,7314	0,9325	1,072	43
44	0,6947	0,7193	0,9657	1,036	44
45	0,7071	0,7071	1,0000	1,0000	45
46	0,7193	0,6947	1,036	0,9657	46
47	0,7314	0,6820	1,072	0,9325	47
48	0,7431	0,6691	1,111	0,9004	48
49	0,7547	0,6561	1,150	0,8693	49
50	0,7660	0,6428	1,192	0,8391	50
51	0,7771	0,6293	1,235	0,8098	51
52	0,7880	0,6157	1,280	0,7815	52
53	0,7986	0,6018	1,327	0,7536	53
54	0,8090	0,5878	1,376	0,7265	54
55	0,8192	0,5736	1,428	0,7002	55
56	0,8290	0,5592	1,483	0,6745	56
57	0,8387	0,5446	1,540	0,6494	57
58	0,8480	0,5299	1,600	0,6249	58
59	0,8572	0,5150	1,664	0,6009	59
60	0,8660	0,5000	1,732	0,5774	60
61	0,8745	0,4848	1,804	0,5543	61
62	0,8829	0,4695	1,881	0,5317	62
63	0,8910	0,4540	1,963	0,5059	63
64	0,8988	0,4384	2,050	0,4877	64
65	0,9063	0,4226	2,145	0,4663	65
66	0,9135	0,4067	2,246	0,4452	66
67	0,9205	0,3907	2,356	0,4245	67
68	0,9272	0,3746	2,475	0,4040	68
69	0,9336	0,3584	2,605	0,3839	69
70	0,9397	0,3420	2,747	0,3640	70
71	0,9455	0,3256	2,904	0,3443	71
72	0,9511	0,3090	3,078	0,3249	72
73	0,9563	0,2924	3,271	0,3057	73
74	0,9613	0,2756	3,487	0,2867	74
75	0,9659	0,2588	3,732	0,2679	75
76	0,9703	0,2419	4,011	0,2493	76
77	0,9744	0,2250	4,331	0,2309	77
78	0,9781	0,2079	4,705	0,2126	78
79	0,9816	0,1908	5,145	0,1944	79
80	0,9848	0,1736	5,671	0,1763	80
81	0,9877	0,1564	6,314	0,1584	81
82	0,9903	0,1392	7,115	0,1405	82
83	0,9925	0,1219	8,144	0,1228	83
84	0,9945	0,1045	9,514	0,1051	84
85	0,9962	0,0872	11,430	0,0815	85
86	0,9976	0,0698	14,301	0,0699	86
87	0,9986	0,0523	19,081	0,0524	87
88	0,9994	0,0349	28,636	0,0349	88
89	0,9998	0,0175	57,290	0,0175	89
90	1,0000	0,0000	±∞	0,0000	90

16. Значения тригонометрических функций (через 1′) sin и tg от 0 до 1°, cos и ctg от 89 до 90°

′	sin	tg	—	′	sin	tg	—
0	0,00000	0,00000	90° 0	30	0,00873	0,00873	89°30
1	0,00029	0,00029	59	31	0,00902	0,00902	29
2	0,00058	0,00058	58	32	0,00931	0,00931	28
3	0,00087	0,00087	57	33	0,00960	0,00960	27
4	0,00116	0,00116	56	34	0,00989	0,00989	26
5	0,00145	0,00145	55	35	0,01018	0,01018	25
6	0,00175	0,00175	54	36	0,01047	0,01047	24
7	0,00204	0,00204	53	37	0,01076	0,01076	23
8	0,00233	0,00233	52	38	0,01105	0,01105	22
9	0,00262	0,00262	51	39	0,01134	0,01134	21
10	0,00291	0,00291	50	40	0,01164	0,01164	20
11	0,00320	0,00320	49	41	0,01193	0,01193	19
12	0,00349	0,00349	48	42	0,01222	0,01222	18
13	0,00378	0,00378	47	43	0,01251	0,01251	17
14	0,00407	0,00407	46	44	0,01280	0,01280	16
15	0,00436	0,00436	45	45	0,01309	0,01309	15
16	0,00465	0,00465	44	46	0,01338	0,01338	14
17	0,00495	0,00495	43	47	0,01367	0,01367	13
18	0,00524	0,00524	42	48	0,01396	0,01396	12
19	0,00553	0,00553	41	49	0,01425	0,01425	11
20	0,00582	0,00582	40	50	0,01454	0,01455	10
21	0,00611	0,00611	39	51	0,01483	0,01484	9
22	0,00640	0,00640	38	52	0,01513	0,01513	8
23	0,00669	0,00669	37	53	0,01542	0,01542	7
24	0,00698	0,00698	36	54	0,01571	0,01571	6
25	0,00727	0,00727	35	55	0,01600	0,01600	5
26	0,00756	0,00756	34	56	0,01629	0,01629	4
27	0,00785	0,00785	33	57	0,01658	0,01658	3
28	0,00814	0,00815	32	58	0,01687	0,01687	2
29	0,00844	0,00844	31	59	0,01716	0,01716	1
30	0,00873	0,00873	89°30	60	0,01745	0,01746	89° 0
—	cos	ctg	0′	—	cos	ctg	0′

Основные формулы тригонометрии. Функции одного угла [*1]:

$$\sin^2\alpha+\cos^2\alpha=1;\quad \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha}=\operatorname{tg}\alpha=\frac{1}{\operatorname{ctg}\alpha};$$

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

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

$$\operatorname{tg}\alpha=\frac{\sin\alpha}{\sqrt{1-\sin^2\alpha}}=\frac{\sqrt{1-\cos^2\alpha}}{\cos\alpha}=\frac{1}{\operatorname{ctg}\alpha}.$$

Функции двойных, тройных и половинных углов:

$$\sin 2\alpha=2\sin\alpha\cdot\cos\alpha=\frac{2\operatorname{tg}\alpha}{1+\operatorname{tg}^2\alpha};$$

[*1] Перед знаком радикала должен быть поставлен знак «плюс» или «минус» в зависимости от того, в какой четверти находится угол (табл. 14).

$$\cos 2\alpha = \cos^2\alpha - \sin^2\alpha = 1 - 2\sin^2\alpha = 2\cos^2\alpha - 1 = \frac{1-\operatorname{tg}^2\alpha}{1+\operatorname{tg}^2\alpha};$$

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2\operatorname{tg}\alpha}{1-\operatorname{tg}^2\alpha} = \frac{2}{\operatorname{ctg}\alpha - \operatorname{tg}\alpha};$$

$$\operatorname{ctg} 2\alpha = \frac{\operatorname{ctg}^2\alpha - 1}{2\operatorname{ctg}\alpha} = \frac{\operatorname{ctg}\alpha - \operatorname{tg}\alpha}{2};$$

$$\sin 3\alpha = 3\sin\alpha - 4\sin^3\alpha; \quad \cos 3\alpha = 4\cos^3\alpha - 3\cos\alpha;$$

$$\operatorname{tg} 3\alpha = \frac{3\operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}^3\alpha}{1-3\operatorname{tg}^2\alpha}; \quad \operatorname{ctg} 3\alpha = \frac{\operatorname{ctg}^3\alpha - 3\operatorname{ctg}\alpha}{3\operatorname{ctg}^2\alpha - 1};$$

$$\sin\frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1-\cos\alpha}{2}} = \frac{\sqrt{1+\sin\alpha} - \sqrt{1-\sin\alpha}}{2};$$

$$\cos\frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1+\cos\alpha}{2}} = \frac{\sqrt{1+\sin\alpha} + \sqrt{1-\sin\alpha}}{2};$$

$$\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} = \frac{\sin\alpha}{1+\cos\alpha} = \frac{1-\cos\alpha}{\sin\alpha} = \sqrt{\frac{1-\cos\alpha}{1+\cos\alpha}};$$

$$\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{2} = \frac{\sin\alpha}{1-\cos\alpha} = \frac{1+\cos\alpha}{\sin\alpha} = \sqrt{\frac{1+\cos\alpha}{1-\cos\alpha}}.$$

Суммы и разности функций одного угла:

$$\sin\alpha + \cos\alpha = \sqrt{1+\sin\alpha} = \sqrt{2}\sin(45^\circ + \alpha) = \sqrt{2}\cos(45^\circ - \alpha);$$

$$\sin\alpha - \cos\alpha = -\sqrt{1-\sin 2\alpha};$$

$$\cos\alpha - \sin\alpha = \sqrt{1-\sin 2\alpha} = \sqrt{2}\sin(45^\circ - \alpha) = \sqrt{2}\cos(45^\circ + \alpha);$$

$$\operatorname{tg}\alpha + \operatorname{ctg}\alpha = \frac{2}{\sin 2\alpha}; \quad \operatorname{tg}\alpha - \operatorname{ctg}\alpha = -2\operatorname{ctg} 2\alpha;$$

$$\operatorname{ctg}\alpha - \operatorname{tg}\alpha = 2\operatorname{ctg} 2\alpha.$$

Степени функций одного угла:

$$\sin^2\alpha = \frac{1-\cos 2\alpha}{2}; \quad \cos^2\alpha = \frac{1+\cos 2\alpha}{2};$$

$$\sin^3\alpha = \frac{3\sin\alpha - \sin 3\alpha}{4}; \quad \cos^3\alpha = \frac{3\cos\alpha + \cos 3\alpha}{4};$$

$$\sin^4\alpha = \frac{\cos 4\alpha - 4\cos 2\alpha + 3}{8};$$

$$\cos^4\alpha = \frac{\cos 4\alpha + 4\cos 2\alpha + 3}{8};$$

$$\operatorname{tg}^2\alpha = \frac{1}{\cos^2\alpha} - 1 = \frac{1-\cos 2\alpha}{1+\cos 2\alpha}; \quad \operatorname{ctg}^2\alpha = \frac{1}{\sin^2\alpha} - 1.$$

Функции суммы и разности двух углов:

$$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin\alpha\cos\beta \pm \cos\alpha\sin\beta;$$

$$\cos(\alpha \pm \beta) = \cos\alpha\cos\beta \mp \sin\alpha\sin\beta;$$

$$\operatorname{tg}(\alpha \pm \beta) = \frac{\operatorname{tg}\alpha \pm \operatorname{tg}\beta}{1 \mp \operatorname{tg}\alpha\operatorname{tg}\beta}; \quad \operatorname{ctg}(\alpha \pm \beta) = \frac{\operatorname{ctg}\alpha\operatorname{ctg}\beta \mp 1}{\operatorname{ctg}\beta \pm \operatorname{ctg}\alpha}.$$

Суммы и разности функций двух углов:

$$\sin\alpha + \sin\beta = 2\sin\frac{\alpha+\beta}{2}\cos\frac{\alpha-\beta}{2};$$

$$\cos\alpha + \cos\beta = 2\cos\frac{\alpha+\beta}{2}\cos\frac{\alpha-\beta}{2};$$

$$\sin\alpha - \sin\beta = 2\cos\frac{\alpha+\beta}{2}\sin\frac{\alpha-\beta}{2};$$

$$\cos\alpha - \cos\beta = -2\sin\frac{\alpha+\beta}{2}\sin\frac{\alpha-\beta}{2};$$

$$\operatorname{tg}\alpha \pm \operatorname{tg}\beta = \frac{\sin(\alpha \pm \beta)}{\cos\alpha\cos\beta}; \quad \operatorname{ctg}\alpha \pm \operatorname{ctg}\beta = \frac{\sin(\beta \pm \alpha)}{\sin\alpha\sin\beta}.$$

Произведение функций двух углов:

$$\sin\alpha\sin\beta = \frac{\cos(\alpha-\beta) - \cos(\alpha+\beta)}{2};$$

$$\cos\alpha\cos\beta = \frac{\cos(\alpha-\beta) + \cos(\alpha+\beta)}{2};$$

$$\cos\alpha\sin\beta = \frac{\sin(\alpha+\beta) - \sin(\alpha-\beta)}{2};$$

$$\operatorname{tg}\alpha\operatorname{tg}\beta = \frac{\operatorname{tg}\alpha + \operatorname{tg}\beta}{\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\beta}; \quad \operatorname{ctg}\alpha\operatorname{ctg}\beta = \frac{\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\beta}{\operatorname{tg}\alpha + \operatorname{tg}\beta};$$

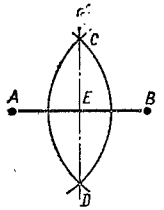
$$\operatorname{tg}\alpha\operatorname{ctg}\beta = \frac{\operatorname{tg}\alpha + \operatorname{ctg}\beta}{\operatorname{tg}\beta + \operatorname{ctg}\alpha}.$$

Разность квадратов функций двух углов:

$$\sin^2\alpha - \sin^2\beta = \cos^2\beta - \cos^2\alpha = \sin(\alpha+\beta)\sin(\alpha-\beta);$$

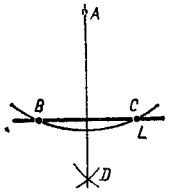
$$\cos^2\alpha - \sin^2\beta = \cos^2\beta - \sin^2\alpha = \cos(\alpha+\beta)\cos(\alpha-\beta).$$

17. Простейшие геометрические построения



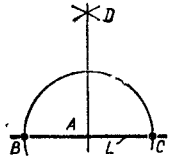
1. *Провести перпендикуляр через середину отрезка AB*

Из точек *A* и *B*, как из центров, радиусом большим половины отрезка *AB* провести две дуги до взаимного пересечения в точках *C* и *D*. Прямая *CED* будет перпендикулярна отрезку *AB* в его средней точке *E*



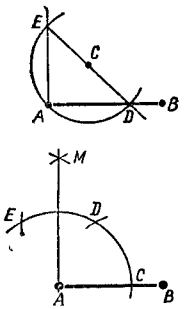
2. *Из точки A опустить перпендикуляр на прямую L*

Из точки *A*, как из центра, провести дугу, пересекающую прямую *L*. Из точек пересечения *B* и *C* провести дуги до взаимного пересечения в точке *D*; прямая *AD* — искомый перпендикуляр



3. *Провести перпендикуляр к прямой L в точке A*

Из точки *A*, как из центра, провести произвольным радиусом дугу до пересечения с прямой в точках *B* и *C*. Из точек *B* и *C* провести дуги до взаимного пересечения в точке *D*; прямая *AD* — искомый перпендикуляр

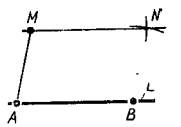


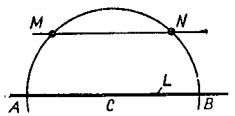
4. *Провести перпендикуляр к отрезку AB в точке A*

Первый способ. Из произвольной точки *C*, как из центра, провести дугу радиусом *AC* до пересечения с отрезком *AB* в точке *D*. Через точки *D* и *C* провести прямую до пересечения с дугой в точке *E*; *EA* — искомый перпендикуляр

Второй способ. Из точки *A* произвольным радиусом провести дугу до пересечения с отрезком *AB* в точке *C*. Тем же радиусом из точки *C* на дуге отметить точку *D*, а затем из точки *D* — точку *E*. Из точек *D* и *E* провести дуги до взаимного пересечения в точке *M*; *AM* — искомый перпендикуляр

Продолжение табл. 17





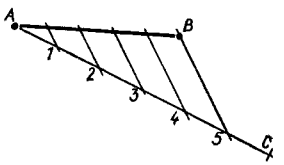
5. *Через точку M провести прямую, параллельную прямой L*

Первый способ. На прямой *L* отложить произвольный отрезок *AB*. Из точки *B* провести дугу радиусом *AM*, а из точки *M* — дугу радиусом *AB* до взаимного пересечения в точке *N*; прямая *MN* — искомая прямая, параллельная прямой *L*

Второй способ. Из произвольной точки *C* провести полуокружность радиусом *CM*, на которой радиусом *AM* из точки *B* отметить точку *N*; *MN* — искомая прямая, параллельная прямой *L*

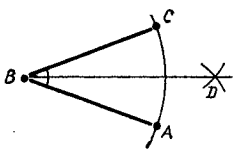
6. *Провести прямую, параллельную данной прямой на заданном расстоянии*

Из произвольной точки заданной прямой провести перпендикулярную ей прямую (см. п. 1—4), отложить на перпендикуляре заданное от прямой расстояние и через полученную точку провести прямую, параллельную данной прямой (см. п. 5)



7. *Разделить отрезок AB на равные части (например, на пять частей)*

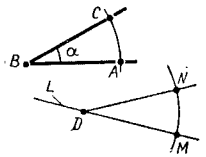
Через точку *A* провести под произвольным углом прямую *AC*. На прямой *AC* от точки *A* отложить равные отрезки (*A* — *1* = *1* — *2* = *2* — *3* = ...) произвольной длины, число которых равно числу частей, на которое нужно разделить отрезок *AB*. Конец последнего отрезка соединить с точкой *B* (прямая *B*—*5*). Через точки *1*, *2*, *3*, ... провести прямые, параллельные *B*—*5* до пересечения с отрезком *AB*, которые и разделят отрезок на заданное число равных частей



8. *Построить биссектрису угла*

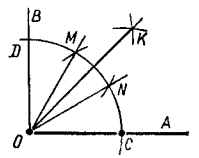
Из вершины угла (точка *B*) провести дугу произвольного радиуса до пересечения со сторонами угла в точках *A* и *C*. Из точек *A* и *C* провести дуги до взаимного пересечения в точке *D*; прямая *BD* — биссектриса угла

Продолжение табл. 17



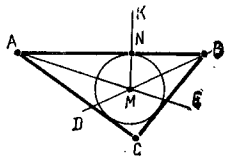
9. *На прямой L построить угол, равный заданному углу α*

Из вершины заданного угла α (точка *B*) провести дугу произвольного радиуса до пересечения со сторонами угла в точках *A* и *C*. Тем же радиусом из произвольной точки *D* прямой *L* провести дугу, пересекающую прямую *L* в точке *M*. На этой дуге от точки *M* отложить отрезок, равный дуге *AC* (точка *N*). Соединив точки *D* и *N*, получим угол *MDN*, равный углу α



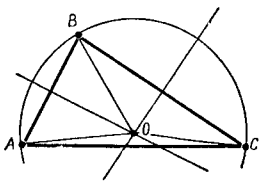
10. *На отрезке OA построить углы* 30, 45 *и* 60 °

В точке *O* восстановить перпендикуляр *OB* (см. п. 4) к отрезку *OA*. Из точки *O* провести дугу произвольным радиусом до пересечения со сторонами угла *AOB*. Тем же радиусом из точек пересечения *C* и *D* на дуге отметить точки *M* и *N*. Построить биссектрису *OK* угла *AOB* (см. п. 8). Через точки *O*—*M* и *O*—*N* провести прямые. Угол *AON* равен 30 °, угол *AOK* равен 45 ° и угол *AOM* — 60 °



11. *Построить окружность, вписанную в треугольник ABC*

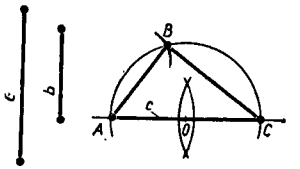
Построить биссектрисы (см. п. 8) углов *CAB* и *ABC* треугольника, из точки их пересечения (точка *M*) опустить перпендикуляр *AK* на сторону *AB* (см. п. 2). Отрезок *MN* есть радиус вписанной окружности, а точка *M* — ее центр



12. *Построить окружность, описанную вокруг треугольника ABC*

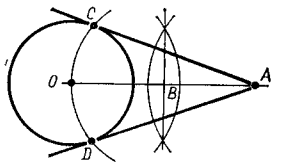
Через середины сторон *AB* и *BC* треугольника провести перпендикуляры (см. п. 1) до пересечения их в точке *O*. Точка *O* есть центр описанной окружности, а отрезки *OA*=*OB*=*OC* равны ее радиусу

Продолжение табл. 17



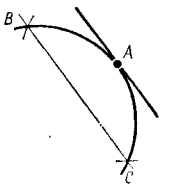
13. *По заданным значениям катета b и гипотенузы c построить прямоугольный треугольник*

Из середины (точка *O*) гипотенузы провести полуокружность радиусом, равным ее половине. Из конца гипотенузы (точка *A*) раднусом, равным катету *b*, провести дугу до пересечения с полуокружностью в точке *B*. Соединив точку *B* с точками *A* и *C*, получаем искомый прямоугольный треугольник



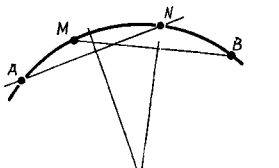
14. *Из точки A провести касательные к заданной окружности*

Соединить точку *A* с центром *O* окружности, отрезок *OA* разделить пополам (см. п. 1). Из середины отрезка (точка *B*) провести дугу радиусом *OB* до пересечения с окружностью в точках *C* и *D*. Прямые *AC* и *AD* — искомые касательные



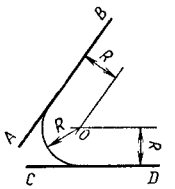
15. *Построить касательную к дуге окружности в точке A*

Из точки *A* произвольным радиусом сделать на заданной дуге отметки (точки *B* и *C*), провести через них хорду *BC* и через точку *A* провеств прямую, параллельную хорде *BC*, которая и будет искомой прямой



16. *Найти центр и радиус окружности, заданной дугой AB*

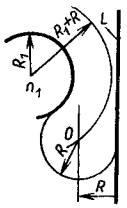
Провести две произвольные хорды (*AN* и *MB*); через середины хорд провести перпендикуляры до взаимного пересечения в точке *O*. Точка *O* есть центр заданной окружности, а радиус равен отрезку *OA* = *OB*



17. *Провести дугу радиусом R, касательную к пересекающимся под произвольным углом прямым AB и CD*

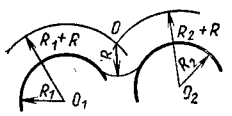
Провести прямые, параллельные заданным и отстоящие от них на расстояниях *R* (см. п. 6), до взаимного пересечения в точке *O*. Из точки *O* провести дугу радиусом *R*, которая будет искомой, касательной к прямым *AB* и *CD*

Продолжение табл. 17



18. *Провести дугу радиусом R, касательную к дуге радиуса R_1 и прямой L*

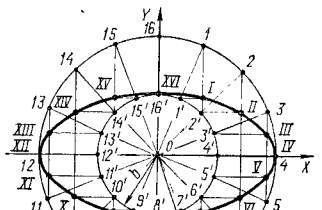
Из центра O_1 заданной дуги провести дугу радиусом $R_1 + R$ и прямую, параллельную заданной прямой L и отстоящей от нее на расстояние R. Точка O пересечения этой прямой с дугой радиуса $R_1 + R$ есть искомый центр дуги радиуса R, касательной к заданным дуге и прямой. Задача не имеет решения, если расстояние между центром O_1 и прямой L больше суммы $R_1 + 2R$



19. *Провести дугу радиусом R, касательную к двум дугам с радиусами R_1 и R_2*

Из центров заданных дуг (точек O_1 и O_2) провести дуги радиусами, соответственно равными $R_1 + R$ и $R_2 + R$, до их взаимного пересечения в точке O, которая является центром дуги радиуса R, касательной к заданным дугам. Задача не имеет решения, если расстояние между центрами O_1 и O_2 больше суммы $R_1 + R_2 + 2R$

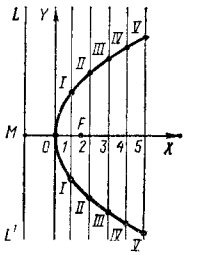
18. Построение типовых кривых

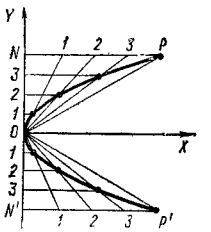


1. *Эллипс* — геометрическое место точек, сумма расстояний которых до двух неподвижных точек (фокусов) есть величина постоянная. Уравнение эллипса $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$, где a и b—большая и малая полуоси эллипса.

Из точки O проводят две окружности радиусами, равными a и b. Большую окружность делят на произвольное число равных частей. Полученные точки $1, 2, 3, \ldots$ соединяют с центром окружностей линиями, которые пересекают малую окружность в точках $1', 2', 3', \ldots$ Через эти точки проводят прямые, параллельные оси OX, а из точек $1, 2, 3, \ldots$ — прямые, параллельные оси OY. На пересечении прямых, проведенных от одноименных точек, находят точки $I, II, III, IV, \ldots$, которые являются точками искомого эллипса.

Продолжение табл. 18

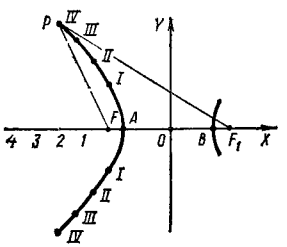




2. *Парабола* — геометрическое место точек, равноудаленных от неподвижной точки — фокуса F и неподвижной прямой — директрисы LL'. Уравнение параболы $y^2 = 2px$, где p — параметр, равный расстоянию между фокусом и директрисой.

Первый способ. Даны фокус F и директриса LL'. Ось OX находят построением прямой, проходящей через фокус F перпендикулярно директрисе LL'. Вершина параболы O будет лежать в середине отрезка MF. От точки O по оси OX откладывают произвольные равные отрезки, и через полученные точки $1, 2, 3, \ldots$ проводят линии, перпендикулярные оси OX. Из фокуса F проводят окружности радиусами $M1$, $M2$, $M3$, ..., пересечение которых с прямыми, проведенными через точки $1, 2, 3, \ldots$ дадут точки $I, II, III, IV, \ldots$, которые будут точками искомой параболы.

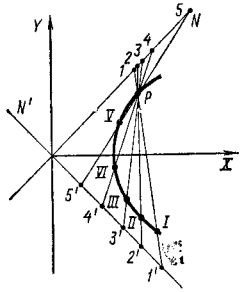
Второй способ. Даны вершина параболы O, ось OX и точка параболы P. Через точку O проводят ось OY и строят прямоугольник $PNN'P'$; отрезки PN, NO, ON' и $N'P'$ делят на равное число частей. Из точек $1, 2, 3, \ldots$ отрезков NO и ON' проводят прямые, параллельные оси OX, а точки отрезков NP и $N'P'$ соединяют с точкой O. Пересечение одноименных прямых есть точки искомой параболы.



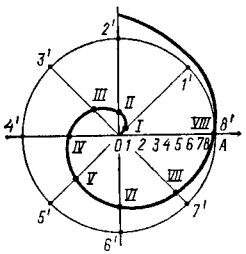
3. *Гипербола* — геометрическое место точек, разность расстояний которых от двух неподвижных точек — фокусов F и F_1 — есть величина постоянная. Уравнение гиперболы $\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$, где a — расстояние от вершин до начала координат ($OA = OB$); $b = \sqrt{c^2 - a^2}$ (где $c = OF = OF_1$ — есть расстояние от фокуса до начала координат).

Первый способ. Дано положение фокусов F и F_1 и точка гиперболы P. Отрезок FF_1 делят пополам и от его середины O откладывают в обе стороны отрезки OA и OB, равные полуразности расстояний точки P до фокусов, т. е $OA = OB = 0{,}5\,(PF_1 - PF)$. Полученные точки A и B — вершины гиперболы. На оси OX намечают произвольные точки $1, 2, 3, \ldots$ Из фокуса F проводят дуги радиусами $A1$, $A2$, $A3$, ..., а из фокуса F_1 — дуги радиусами $B1$, $B2$, $B3$, ... Пересечения одноименных дуг дают точки ($I, II, III, IV, \ldots$) искомой гиперболы.

Продолжение табл. 18

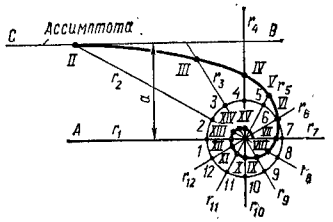


Второй способ. Даны точка гиперболы P и ее асимптоты N и N'. Через точку P проводят пучок прямых до пересечения с асимптотами в точках 1, 2, 3, ... и $1'$, $2'$, $3'$, ... От точек $1'$, $2'$, $3'$, ... откладывают отрезки $1'1 = 1P$, $2'11 = 2P$, $3'111 = 3P$ и т. д. Полученные точки I, II, III, ... есть точки искомой гиперболы (так как у гиперболы отрезки одной прямой, заключенные между гиперболой и асимптотами, равными между собой)



4. *Архимедова спираль* получается при равномерном движении точки по прямой, равномерно вращающейся вокруг неподвижной точки. Уравнение спирали $r = a\varphi$, где a — коэффициент увеличения радиуса при увеличении угла его поворота.

Проводят окружность радиусом $OA = r_0 = 2\pi a$, где r_0 — путь, пройденный точкой по прямой за время ее поворота на 360°. Радиус OA делят на произвольное число равных частей; на такое же число равных частей делят окружность. На лучах $O—1'$, $O—2'$ и т. д. от центра откладывают отрезки $O—I$, $O—II$, $O—III$ и т. д., соответственно равные отрезкам $O—1$, $O—2$, $O—3$ и т. д. Полученные точки I, II, III, IV и т. д. есть точки архимедовой спирали.



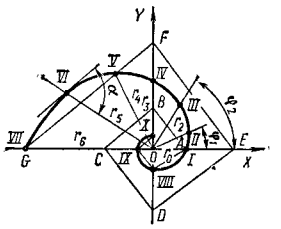
5. *Гиперболическая спираль* получается при движении точки по вращающейся прямой таким образом, что ее расстояние от центра вращения всегда будет обратно пропорционально углу поворота прямой, измеренному от начального положения.

Уравнение спирали $r\varphi = a$, где a — расстояние асимптоты спирали от начала координат. Так как при $\varphi \to 0$ $r \to \infty$, то прямая BC, проведенная параллельно оси OA на расстоянии a, есть асимптота спирали. При $\varphi \to \infty$ $r \to 0$, поэтому полюс O есть асимптотическая точка спирали, вокруг которой спираль описывает бесконечное число оборотов и никогда ее не достигает.

Из полюса O спирали проводят окружность произвольного радиуса и делят ее на произвольное число равных частей. Через полученные точки 1, 2, 3, ... проводят лучи из полюса O. На лучах откладывают отрезки, равные r_1, r_2, r_3 и т. д., значения которых вычисляют по формуле $r_i = \frac{an}{2\pi(i-1)}$, где

Продолжение табл. 18

n — число частей, на которое была разделена окружность; i — порядковый номер радиуса. Так, $r_1 = \infty$; $r_2 = \frac{an}{2\pi}$; $r_3 = \frac{an}{6\pi}$ ... . Величины радиусов откладывают на соответствующих лучах; полученные точки I, II, III и т. д. будут точками гиперболической спирали



6. *Логарифмическая спираль* получается при движении по прямой таким образом, что ее расстояния от центра растут по геометрической прогрессии, а углы поворота прямой изменяются (возрастают) по закону арифметической прогрессии.

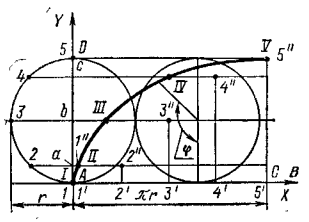
Уравнение спирали $r = ae^{m\varphi}$, где a — радиус спирали при $\varphi = 0$ и $m > 0$. Полюс спирали является асимптотической точкой, вокруг которой спираль описывает бесконечное число оборотов, никогда ее не достигая.

Для построения спирали следует задаться величиной m, примем ее равной 0,5. Чтобы построить дугу спирали в промежутке от 0 до π, этот угол (т. е. от 0 до π) делят на некоторое число равных частей, например шесть. Тогда угол φ_i для каждого радиуса определяется по формуле $\varphi_i = \frac{\pi i}{6}$, где i — порядковый номер радиуса. Тогда $r_i = ae^{\frac{0{,}5\pi i}{6}} = a \cdot 1{,}3^i$, т. е. $r_0 = a \cdot 1{,}3^0$; $r_1 = a \cdot 1{,}3^1$; $r_2 = a \cdot 1{,}3^2$ и т. д.

Для графического определения величин r_1, r_2, r_3 и т. д. на оси OX откладывают величину $OA = a$, а на оси OY величину $OB = 1{,}3a$; A и B соединяют прямой, затем проводят прямую CB, перпендикулярно к прямой AB; CD — перпендикулярно CB; DE — перпендикулярно CD и т. д. Тогда отрезки CO, DO, EO и т. д дадут искомые величины $CO = a \cdot 1{,}3^2 = r_2$; $DO = a \cdot 1{,}3^3 = r_3$ и т. д., которые и откладывают на соответствующих лучах, получая точки I, II, III, IV и т. д. логарифмической спирали.

Чтобы найти точки пересечения координатных осей с продолжением спирали, точку I соединяют с точкой IV, затем проводят прямую $I—VIII$ перпендикулярно $I—IV$, $VIII—IX$ перпендикулярно $VIII—I$ и т. д. Полученные точки $VIII$, IX, X и т. д. будут тоже точками логарнфмической спирали. Угол α, образованный касательной с радиусвектором, будет для всех точек постоянным и равным $\operatorname{arcctg} m$

Продолжение табл. 18

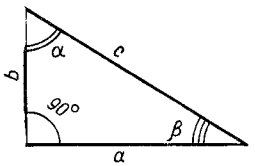


7. Циклоида — кривая, описанная точкой, лежащей на окружности, при качении окружностн по прямой без скольжения. Уравнения циклоиды: $x = r(\varphi - \sin\varphi)$; $y = r(1 - \cos\varphi)$, где r — радиус катящейся окружности; φ — угол, образуемый радиусом и осью окружности.

На прямой AB откладывают отрезок $AC = \pi r$, равный половине длины катящейся окружности. Дугу AD и прямую AC делят на одинаковое число равных частей, например четыре. Из полученных точек *1*, *2*, *3*, ... проводят прямые, параллельные AC, а из точек *1'*, *2'*, *3'*, ... проводят прямые, перпендикулярные AC. От точек пересечения одноименных прямых *1''*, *2''*, *3''* ... откладывают отрезки $2''—II = a—2$; $3''—III = b—3$ и т. д.; полученные точкн *I*, *II*, *III*, *IV* и т. д. будут точками циклонды.

19. Соотношения элементов плоских фигур

Прямоугольный треугольник



Обозначения: a, b — катеты; c — гипотенуза; S — площадь.

$$a^2 + b^2 = c^2; \quad \alpha + \beta = 90°; \quad S = \frac{ab}{2};$$

$$c = \sqrt{a^2 + b^2} = \frac{a}{\sin\alpha} = \frac{b}{\cos\alpha} = \frac{a}{\cos\beta} = \frac{b}{\sin\beta};$$

$$a = \sqrt{c^2 - b^2} = c\sin\alpha = c\cos\beta = b\,\mathrm{tg}\,\alpha = b\,\mathrm{ctg}\,\beta;$$

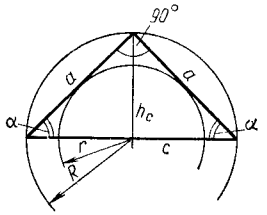
$$b = \sqrt{c^2 - a^2} = c\sin\beta = c\cos\alpha = a\,\mathrm{tg}\,\beta = a\,\mathrm{ctg}\,\alpha;$$

$$S = \frac{ab}{2} = \frac{a^2}{2}\mathrm{ctg}\,\alpha = \frac{b^2}{2}\mathrm{tg}\,\alpha = \frac{c^2}{2}\sin\alpha\cos\alpha = \frac{c^2}{4}\sin 2\alpha = \frac{a}{2}\sqrt{c^2 - a^2};$$

$$\sin\alpha = \cos\beta = \frac{a}{c}; \quad \sin\beta = \cos\alpha = \frac{b}{c}; \quad \mathrm{tg}\,\alpha = \frac{a}{b}; \quad \mathrm{tg}\,\beta = \frac{b}{a}$$

Продолжение табл. 19

Равнобедренный прямоугольный треугольник



Обозначения: a — боковые стороны (катеты); c — основание (гипотенуза); α — углы при основании; h_c — высота; R — радиус описанной окружности; P — периметр; S — площадь.

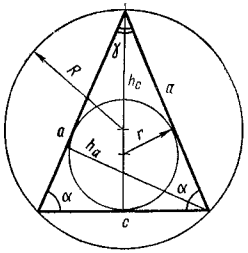
$$\alpha = 45°; \quad a = \frac{c}{2}\sqrt{2} = 0{,}707c = h_c\sqrt{2} = 1{,}41h_c;$$

$$c = a\sqrt{2} = 1{,}41a = 2h_c = 2R; \quad h_c = \frac{c}{2} = \frac{a}{2}\sqrt{2} = 0{,}707a = R;$$

$$R = \frac{c}{2} = \frac{a}{2}\sqrt{2} = 0{,}707a;$$

$$P = 2a + c = 2{,}414c; \quad S = \frac{1}{2}a^2 = \frac{1}{4}c^2 = h_c^2$$

Равнобедренный треугольник



Обозначения: a — боковые стороны; c — основание; α — углы при основании; γ — угол при вершине; h_a и h_c — высоты на сторону a и основание c; P — периметр; S — площадь.

$$\gamma = 180° - 2\alpha; \quad \alpha = 90° - \frac{\gamma}{2}; \quad \cos\alpha = \sin\frac{\gamma}{2} = \frac{c}{2a};$$

$$a = \frac{c}{2\cos\alpha} = \frac{c}{2\sin\frac{\gamma}{2}} = \frac{h_a}{\sin\gamma} = \frac{h_c}{\cos\frac{\gamma}{2}} = \sqrt{h_c^2 + \frac{c^2}{4}};$$

$$c = 2a\sin\frac{\gamma}{2} = 2a\cos\alpha = \frac{h_a}{\sin\alpha} = \frac{2h_c}{\mathrm{tg}\,\alpha} = 2h_c\,\mathrm{tg}\,\frac{\gamma}{2};$$

$$h_a = a\sin\gamma = c\sin\alpha = c\cos\frac{\gamma}{2} = \frac{ch_c}{a} = \frac{c}{a}\sqrt{a^2 - \frac{c^2}{4}};$$

$$h_c = a\sin\alpha = a\cos\frac{\gamma}{2} = \frac{c}{2}\mathrm{ctg}\,\frac{\gamma}{2} = \sqrt{a^2 - \frac{c^2}{4}};$$

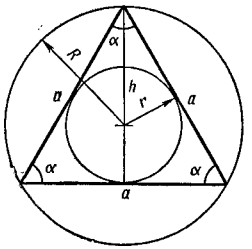
Продолжение табл. 19

$$R=\frac{a^2}{2\sqrt{a^2-\frac{c^2}{4}}}=\frac{a^2}{2h_c};\quad r=\frac{c}{2}\sqrt[4]{\frac{2a-c}{2a+c}};$$

$$P=2a+c=2a\left(1+\sin\frac{\gamma}{2}\right)=2a\,(1+\cos\alpha)=c\left(1+\frac{1}{\cos\alpha}\right);$$

$$S=\frac{c}{2}\sqrt{a^2-\frac{c^2}{4}}=\frac{1}{2}\,a^2\sin\gamma=\frac{1}{4}\,c^2\operatorname{tg}\alpha=\frac{1}{2}\,ah_a=\frac{1}{2}\,ch_c$$

Равносторонний треугольник



Обозначения: a — сторона; h — высота; R, r — радиусы описанной и вписанной окружностей; P — периметр; S — площадь.

$$a=\frac{2}{3}\,h\sqrt{3}=1{,}155h=R\sqrt{3}=1{,}732R=2r\sqrt{3}=3{,}463r;$$

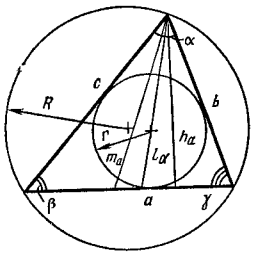
$$\alpha=60°;\quad h=\frac{a}{2}\sqrt{3}=0{,}866a=\frac{3}{2}\,R=1{,}5R=3r;$$

$$R=\frac{a}{3}\sqrt{3}=0{,}577a=\frac{2}{3}\,h=2r;\quad r=\frac{a}{6}\sqrt{3}=0{,}289a=\frac{h}{3}=\frac{R}{2};$$

$$P=3a=3{,}463h=5{,}196R=10{,}392r;$$

$$S=\frac{a^2}{4}\sqrt{3}=0{,}433a^2=0{,}577h^2=1{,}299R^2=5{,}196r^2$$

Косоугольный треугольник



Обозначения: a, b, c — стороны; α, β, γ — противолежащие им углы; R, r — радиусы описанной и вписанной окружностей; P — периметр; p — полупериметр; S — площадь.

Основные соотношения:

$$\frac{a}{\sin\alpha}=\frac{b}{\sin\beta}=\frac{c}{\sin\gamma}=2R\quad\text{(теорема синусов):}$$

Продолжение табл. 19

$$a^2=b^2+c^2-2bc\cos\alpha\quad\text{(теорема косинусов);}$$

$$\frac{a+b}{a-b}=\frac{\operatorname{tg}\frac{\alpha+\beta}{2}}{\operatorname{tg}\frac{\alpha-\beta}{2}}\quad\text{(теорема тангенсов)}$$

$$S=\frac{1}{2}\,ab\sin\gamma=2R^2\sin\alpha\sin\beta\sin\gamma=rp=\sqrt{p\,(p-a)\,(p-b)\,(p-c)}$$

Основные линии треугольника:

Высота на сторону a: $h_a=b\sin\gamma=c\sin\beta$;

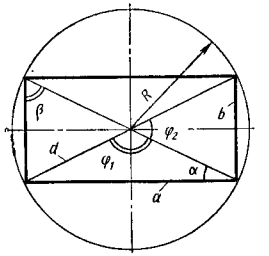
Биссектриса угла α: $l_\alpha=\dfrac{bc\cos\frac{\alpha}{2}}{b+c}$;

Медиана на сторону a: $m_a=\frac{1}{2}\sqrt{b^2+c^2+2bc\cos\alpha}$

Нахождение элементов косоугольного треугольника

Дано	Формулы для нахождения других элементов
a, α, β	$\gamma=180°-\alpha-\beta$; $b=\dfrac{a\sin\beta}{\sin\alpha}$ $c=\dfrac{a\sin\gamma}{\sin\alpha}$; $S=\frac{1}{2}\,ab\sin\gamma$
a, b; γ	$\operatorname{tg}\dfrac{\alpha-\beta}{2}=\dfrac{a-b}{a+b}\operatorname{ctg}\dfrac{\gamma}{2}$; $\dfrac{\alpha+\beta}{2}=90°-\dfrac{\gamma}{2}$ По найденным $\alpha+\beta$ и $\alpha-\beta$ вычисляют α и β; $c=\dfrac{a\sin\gamma}{\sin\alpha}$; $S=\frac{1}{2}\,ab\sin\gamma$

Прямоугольник



Обозначения: a, b — стороны; d — диагональ; R — радиус описанной окружности; α, β — углы между сторонами и диагоналями; φ_1, φ_2 — углы между диагоналями; P — периметр; S — площадь.

$$\alpha=90°-\beta=90°-\frac{\varphi_1}{2}=\frac{\varphi_2}{2};\quad\varphi_1=2\beta=180°-2\alpha=180°-\varphi_2;$$

Продолжение табл. 19

$$\beta = 90° - \alpha = 90° - \frac{\varphi_1}{2} = \frac{\varphi_2}{2}; \quad \varphi_2 = 2\alpha = 180° - 2\beta = 180° - \varphi_1;$$

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{b}{a}; \quad \operatorname{tg}\beta = \frac{a}{b}; \quad \operatorname{tg}\frac{\varphi_1}{2} = \operatorname{tg}\beta = \frac{a}{b}; \quad \operatorname{tg}\frac{\varphi_2}{2} = \operatorname{tg}\alpha = \frac{b}{a};$$

$$a = \frac{b}{\operatorname{tg}\alpha} = \frac{b}{\operatorname{ctg}\beta} = d\sin\beta = d\cos\alpha = \sqrt{S\operatorname{ctg}\alpha} = \sqrt{\frac{S}{\operatorname{tg}\alpha}};$$

$$b = a\operatorname{tg}\alpha = a\operatorname{ctg}\beta = d\cos\beta = d\sin\alpha = \sqrt{\frac{S}{\operatorname{ctg}\alpha}} = \sqrt{S\operatorname{tg}\alpha};$$

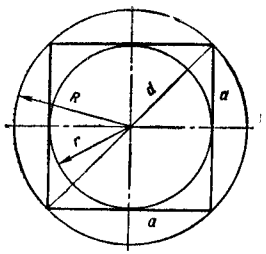
$$d = \sqrt{a^2 + b^2} = \frac{a}{\cos\alpha} = \frac{a}{\sin\beta} = \frac{b}{\sin\alpha} = \frac{b}{\cos\beta} = \sqrt{\frac{2S}{\sin 2\alpha}};$$

$$R = \frac{d}{2} = \frac{a}{2\cos\alpha} = \frac{a}{2\sin\beta} = \frac{b}{2\sin\alpha} = \frac{b}{2\cos\beta} = \sqrt{\frac{S}{2\sin 2\alpha}};$$

$$P = 2(a+b) = 2a(1+\operatorname{tg}\alpha) = 2a(1+\operatorname{ctg}\beta) = 2a\sqrt{1+2\sin 2\alpha};$$

$$S = ab = a^2\operatorname{tg}\alpha = a^2\operatorname{ctg}\beta = \frac{1}{2}d^2\sin\varphi_1 = \frac{1}{2}d^2\sin 2\alpha$$

Квадрат



Обозначения: a — сторона; d — диагональ; R, r — раднусы описанной и вписанной окружностей; P — периметр; S — площадь.

$$a = \frac{d}{2}\sqrt{2} = \frac{P}{4} = \sqrt{S} = R\sqrt{2} = 2r; \quad d = a\sqrt{2} = \frac{P}{4}\sqrt{2} = \sqrt{2S} = 2R = 2r\sqrt{2};$$

$$R = \frac{a}{2}\sqrt{2} = \frac{d}{2} = \frac{P}{8}\sqrt{2} = \frac{\sqrt{2S}}{2} = r\sqrt{2};$$

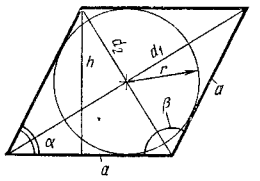
$$r = \frac{a}{2} = \frac{d}{4}\sqrt{2} = \frac{P}{8} = \frac{\sqrt{S}}{2} = \frac{R}{2}\sqrt{2};$$

$$P = 4a = 8r = 2d\sqrt{2} = 4\sqrt{S} = 4r\sqrt{2};$$

$$S = a^2 = \frac{d^2}{2} = \frac{P^2}{16} = 2R^2 = 4r^2$$

Продолжение табл. 19

Ромб



Обозначения: a — сторона; d_1 и d_2 — диагонали; h — высота; α и β — углы при вершинах (углы между диагоналями равны 90°); r — радиус вписанной окружности; P — периметр; S — площадь (при $\alpha > 90°$ $d_1 < d_2$; при $\alpha < 90°$ $d_1 > d_2$).

$$\alpha = 180° - \beta; \quad \sin\alpha = \sin\beta = \frac{h}{a}; \quad \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} = \frac{d_2}{d_1};$$

$$\beta = 180° - \alpha; \quad \sin\frac{\alpha}{2} = \cos\frac{\beta}{2} = \frac{d_2}{2a}; \quad \operatorname{tg}\frac{\beta}{2} = \frac{d_1}{d_2};$$

$$a = \frac{d_1}{2\cos\frac{\alpha}{2}} = \frac{h}{\sin\alpha} = \frac{d_2}{2\sin\frac{\alpha}{2}} = \sqrt{\frac{S}{\sin\alpha}};$$

$$h = a\sin\alpha = d_1\sin\frac{\alpha}{2} = \sqrt{S\sin\alpha};$$

$$d_1 = \frac{h}{\sin\frac{\alpha}{2}} = \frac{h}{\cos\frac{\beta}{2}} = 2a\cos\frac{\alpha}{2} = 2a\sin\frac{\beta}{2} = d_2\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{2};$$

$$d_2 = \frac{h}{\sin\frac{\beta}{2}} = \frac{h}{\cos\frac{\alpha}{2}} = 2a\sin\frac{\alpha}{2} = 2a\cos\frac{\beta}{2} = d_1\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2};$$

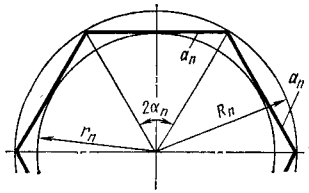
$$r = \frac{h}{2} = \frac{a}{2}\sin\alpha = \frac{1}{2}d_1d_2\sin\frac{\alpha}{2};$$

$$P = 4a = \frac{2d_1}{\cos\frac{\alpha}{2}} = 2\sqrt{d_1^2 + d_2^2};$$

$$S = ah = a^2\sin\alpha = \frac{1}{2}d_1^2\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} = \frac{1}{2}d_1\sqrt{4a^2 - d_1^2} = \frac{1}{2}d_1d_2$$

Продолжение табл. 19

Правильный многоугольник



Обозначения: n — число сторон; a_n — сторона; R_n — радиус описанной окружности; r_n — радиус вписанной окружности; $2\alpha_n$ — центральный угол; P — периметр; S — площадь.

$$2\alpha_n = \frac{360^\circ}{n}; \quad \alpha_n = \frac{180^\circ}{n}; \quad a_n = 2R_n \sin\alpha_n = 2r_n \operatorname{tg}\alpha_n;$$

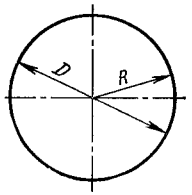
$$R_n = \frac{a_n}{2\sin\alpha_n} = \frac{r_n}{\cos\alpha_n}; \quad P = 2nR_n \sin\alpha_n = 2nr_n \operatorname{tg}\alpha = na_n;$$

$$S = \frac{1}{2} nR_n^2 \sin 2\alpha = nr_n^2 \operatorname{tg}\alpha_n = \frac{1}{4} na_n^2 \operatorname{ctg}\alpha_n$$

Таблица значений $\sin\alpha_n$

n	$\sin\alpha_n$	n	$\sin\alpha_n$	n	$\sin\alpha_n$	n	$\sin\alpha_n$
5	0,5878	14	0,2225	35	0,0896	70	0,0449
6	0,5000	15	0,2079	40	0,0785	72	0,0436
7	0,4339	16	0,1951	45	0,0698	75	0,0419
8	0,3827	18	0,1737	50	0,0628	80	0,0393
9	0,3420	20	0,1564	55	0,0571	85	0,0369
10	0,3090	25	0,1253	60	0,0523	90	0,0349
11	0,2817	30	0,1045	64	0,0491	95	0,0331
12	0,2588	32	0,0980	65	0,0483	100	0,0314

Круг



Обозначения: R — радиус круга; D — диаметр круга; P — периметр (длина окружности); S — площадь.

$$R = \frac{P}{2\pi} = 0{,}1591P = \sqrt{\frac{S}{\pi}} = 0{,}5642\sqrt{S};$$

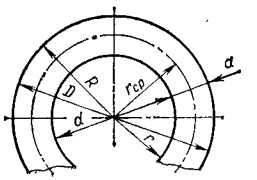
$$D = 2R = \frac{P}{\pi} = 0{,}3183P = 2\sqrt{\frac{S}{\pi}} = 1{,}1284\sqrt{S};$$

$$P = 2\pi R = 6{,}2832R = \pi D = 3{,}1416D = 2\sqrt{\pi S} = 3{,}5449\sqrt{S};$$

$$S = \pi R^2 = 3{,}1416R^2 = \frac{\pi D^2}{4} = 0{,}7854D^2 = \frac{P^2}{4\pi} = 0{,}0796P^2$$

Продолжение табл. 19

Круговое кольцо



Обозначения: D — наружный диаметр; R — наружный радиус; d — внутренний диаметр; r — внутренний радиус; $d_{ср}$ — средний диаметр; $r_{ср}$ — средний радиус; a — ширина кольца; S — площадь.

$$a = R - r = \frac{1}{2}(D - d); \quad R = r + a = r_{ср} + \frac{a}{2};$$

$$D = d + 2a = 2d_{ср} - d; \quad d = D - 2a = 2d_{ср} - D;$$

$$r = R - a = r_{ср} - \frac{a}{2} = 2r_{ср} - R;$$

$$r_{ср} = \frac{1}{2}(R + r) = \frac{1}{4}(D + d) = R - \frac{a}{2} = r + \frac{a}{2};$$

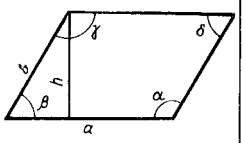
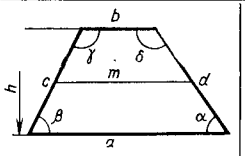
$$d_{ср} = \frac{1}{2}(D + d) = R + r = D - a = d + a;$$

$$S = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} = \pi(R^2 - r^2) = 2\pi a r_{ср} = \pi a d_{ср} =$$

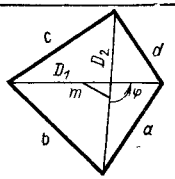
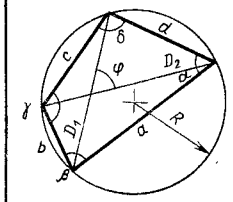
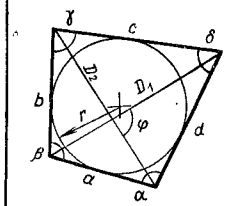
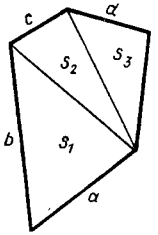
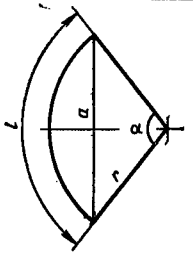
$$= \pi a(R + r) = \pi a(D - a) = \pi a(d + a)$$

Параллелограмм, трапеция и другие плоские фигуры

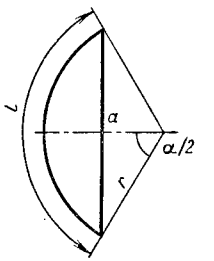
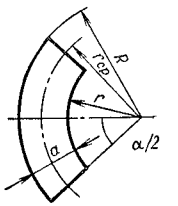
Обозначения: a, b, c, d — стороны четырехугольника; α, β, γ, δ — углы при вершинах четырехугольника; D_1 и D_2 — диагонали четырехугольника; φ — угол между ними; p — полупериметр; h — высота

Эскиз	Фигура	Периметр P, площадь S и другие соотношения элементов фигур
	Параллелограмм	$P = 2(a + b)$; $S = ah = ab\sin\alpha = ab\sin\beta$; $h = b\sin\alpha$; $\alpha = \gamma$; $\beta = \delta$; $\alpha + \beta = \gamma + \delta = 180^\circ$
	Трапеция (m — средняя линия)	$P = a + b + c + d$; $S = 0{,}5(a + b)h = mh$; $m = 0{,}5(a + b)$; $h = c\sin\alpha = d\sin\beta$

Продолжение табл. 19

Эскиз	Фигура	Периметр P, площадь S и другие соотношения элементов фигур
	Четырехугольник: выпуклый (m — линия, соединяющая середины диагоналей)	$P = a + b + c + d;$ $S = 0{,}5 D_1 D_2 \sin\varphi =$ $= 0{,}25 (b^2 + d^2 - a^2 - c^2) \operatorname{tg}\varphi$ $a^2 + b^2 + c^2 + d^2 =$ $= D_1^2 + D_2^2 + 4m^2$
	вписанный в окружность радиуса R	$P = a + b + c + d;$ $S = 0{,}5 D_1 D_2 \sin\varphi =$ $= 0{,}5 (ad + bc) \sin\alpha =$ $= 0{,}5 (ab + cd) \sin\beta =$ $= 2R^2 \sin\alpha \sin\beta \sin\varphi;$ $\alpha + \gamma = \beta + \delta = 180°$
	с вписанной окружностью радиуса r	$P = a + b + c + d;$ $S = rp = (a + c) r = (b + d) r =$ $= 0{,}5 D_1 D_2 \sin\varphi;$ $a + c = b + d$
	Многоугольник любой	$P = a + b + c + d + \ldots$ $S = S_1 + S_2 + S_3 + \ldots$
	Сектор круговой (l — длина дуги; a — хорда)	$S = 0{,}5 lr = \frac{\pi r^2 \alpha}{360°} \approx 0{,}0087 r^2 \alpha;$ $l = \frac{\pi r \alpha}{180°};\quad a = 2r \sin\frac{\alpha}{2};$ $\alpha = \frac{180° l}{\pi r}$

Продолжение табл. 19

Эскиз	Фигура	Периметр P, площадь S и другие соотношения элементов фигур
	Сегмент круговой (l — длина дуги; a — хорда)	$S = 0{,}5 [lr - a (r - h)] =$ $= \frac{r^2}{2} \left(\frac{\pi\alpha}{180°} - \sin\alpha \right)$
	Часть кольца кругового	$S = \pi a r_{ср} \frac{\alpha}{180°} =$ $= \frac{\pi\alpha}{360°} (R^2 - r^2) =$ $= 0{,}00873\alpha (R^2 - r^2)$

20. Длины хорд S при делении окружности диаметром $d = 1$ на n равных частей

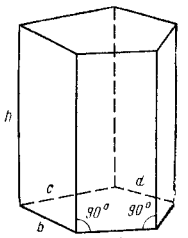
n	S	n	S	n	S	n	S	n	S	n	S
		18	0,17365	35	0,08964	52	0,06038	69	0,04551	86	0,03652
		19	0,16460	36	0,08716	53	0,05924	70	0,04487	87	0,03610
3	0,86603	20	0,15643	37	0,08481	54	0,05814	71	0,04423	88	0,03568
4	0,70711	21	0,14904	38	0,08258	55	0,05709	72	0,04362	89	0,03529
5	0,58779	22	0,14232	39	0,08047	56	0,05607	73	0,04302	90	0,03490
6	0,50000	23	0,13617	40	0,07846	57	0,05509	74	0,04244	91	0,03452
7	0,43388	24	0,13053	41	0,07655	58	0,05414	75	0,04188	92	0,03414
8	0,38268	25	0,12533	42	0,07473	59	0,05322	76	0,04132	93	0,03377
9	0,34202	26	0,12054	43	0,07300	60	0,05234	77	0,04079	94	0,03341
10	0,30902	27	0,11609	44	0,07134	61	0,05148	78	0,04027	95	0,03306
11	0,28173	28	0,11196	45	0,06976	62	0,05065	79	0,03976	96	0,03272
12	0,25882	29	0,10812	46	0,06824	63	0,04985	80	0,03926	97	0,03238
13	0,23932	30	0,10453	47	0,06678	64	0,04907	81	0,03878	98	0,03205
14	0,22252	31	0,10117	48	0,06540	65	0,04831	82	0,03830	99	0,03173
15	0,20791	32	0,09802	49	0,96407	66	0,04758	83	0,03784	100	0,03141
16	0,19509	33	0,09506	50	0,06279	67	0,04687	84	0,03739		
17	0,18375	34	0,09227	51	0,06156	68	0,04618	85	0,03695		

Пример пользования таблицей. Требуется разделить окружность диаметром 375 мм на 36 равных частей. Для $n = 36$ находим $S = 0{,}08716$. Величину хорды для деления окружности заданного диаметра на 36 частей находим умножением найденного в таблице значения S на диаметр: $0{,}08716 \times 375 = 32{,}685 = 32{,}7$ мм.

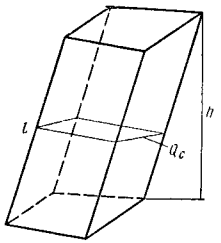
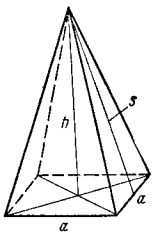
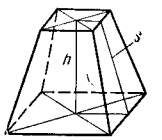
21. Поверхности и объемы тел

Призмы и пирамиды

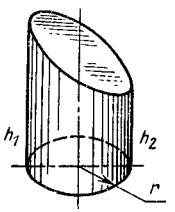
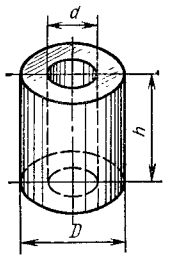
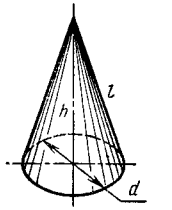
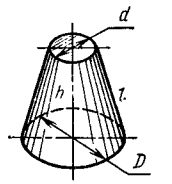
Обозначения: a, b, c, d ... — стороны основания; h — высота; B — площадь основания

Тело	Эскиз	Объем V, боковая $S_б$ и полная $S_п$ поверхности
Призма прямая: любая (основание любой многоугольник)		$V = Bh$; $S_б = h(a + b + c + ...)$ $S_п = 2B + S_б$
трехгранная (основание треугольник)	—	$V = \frac{am}{2} h$; $S_б = (a + b + c)\, h$; $S_п = S_б + am$ m — высота на сторону a основания
четырехгранная (основание квадрат)	—	$V = a^2h$; $S_б = 4ah$; $S_п = S_б + 2a^2$
шестигранная (основание — правильный шестиугольник)	—	$V = 2{,}598a^2h$; $S_б = 6ah$; $S_п = 5{,}196a^2 + 6ah$
куб (a — ребро куба)	—	$V = a^3$; $S_п = 6a^2$
параллелепипед (основание прямоугольник)	—	$V = abh$; $S_б = 2h(a + b)$ $S_п = S_б + 2ab$

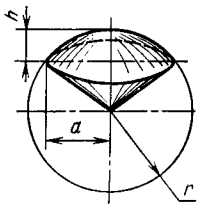
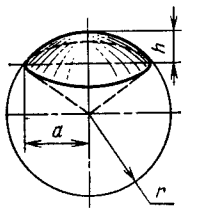
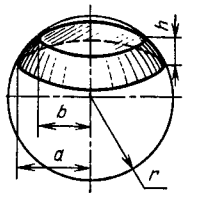
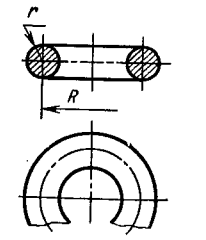
Продолжение табл. 21

Тело	Эскиз	Объем V, боковая $S_б$ и полная $S_п$ поверхности
Призма наклонная		$V = Bh = Q_c l$; $S_б = P_c l$; $S_п = S_б + 2B$; P_c и Q_c — периметр и площадь перпендикулярного сечения
Пирамида любая	—	$V = \frac{1}{3} Bh$
Пирамида правильная: в основании квадрат		$V = \frac{1}{3} a^2h$; $S_б = 2as$; $S_п = S_б + a^2$; s — апофема
в основании правильный многоугольник (n — число углов)	—	$V = \frac{1}{3} Bh$; $S_б = \frac{1}{2} asn$; s — апофема; $S_п = S_б + B$
Пирамида правильная усеченная		$V = \frac{h}{3}(B_1 + B_2 + \sqrt{B_1B_2})$; $S_б = \frac{P_1 + P_2}{2} s$; $S_п = S_б + B_1 + B_2$; B_1 и B_2 — площади оснований; P_1 и P_2 — периметры оснований; s — апофема

Продолжение табл. 21

Тело	Эскиз	Объем V, боковая $S_б$ и полная $S_п$ поверхности
Тела вращения		
Цилиндр круглый: прямой	—	$V = \frac{\pi d^2}{4} h$; $S_б = \pi d h$; $S_п = S_б + \frac{\pi d^2}{2}$; d — диаметр цилиндра; h — высота
прямой усеченный		$V = \pi r^2 \frac{h_1 + h_2}{2}$; $S_б = \pi r (h_1 + h_2)$; $S_п = S_б + \pi r \times \left[r + \sqrt{r^2 + \left(\frac{h_1 + h_2}{2}\right)^2}\right]$
Труба цилиндрическая		$V = \frac{\pi h}{4}(D^2 - d^2)$; $S_п = \frac{\pi (D^2 - d^2)}{2} + \pi h (D + d)$
Конус круглый: прямой		$V = \frac{\pi d^2 h}{12}$; $S_п = \frac{\pi d^2}{4} + \frac{\pi d l}{2}$; $S_б = \frac{\pi d l}{2}$
прямой усеченный		$V = \frac{1}{12}\pi h (D^2 + Dd + d^2)$; $S_б = \frac{\pi l}{2}(D + d)$; $S_п = \frac{\pi}{4}(D^2 + d^2) + \frac{\pi l}{2}(D + d)$

Продолжение табл. 21

Тело	Эскиз	Объем V, боковая $S_б$ и полная $S_п$ поверхности
Шар	—	$V = \frac{1}{6}\pi D^3 = \frac{4}{3}\pi r^3$; $S_п = 4\pi r^2 = \pi D^2$; r — радиус шара; D — диаметр шара
Шаровой сектор		$V = \frac{2}{3}\pi r^2 h$; $S_п = \pi r (2h + a)$
Шаровой сегмент		$V = \frac{1}{6}\pi h (3a^2 + h^2)$; $S_п = \pi (2rh + a^2)$
Шаровой слой		$V = \frac{1}{6}\pi h (3a^2 + 3b^2 + h^2)$; $S_п = \pi (2rh + a^2 + b^2)$
Тор		$V = 2\pi^2 R r^2$; $S_п = 4\pi^2 R r$

СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕХНИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

22. Определение параметров движения

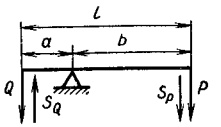
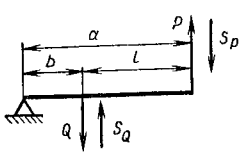
Формулы для определения параметров движения	
Прямолинейное движение:	Обозначения: s — путь, м; t — время, с; v_t — скорость, м/с; v_0 — начальная скорость, м/с; a — ускорение, м/с²; g — ускорение свободного падения, м/с²
равномерное $s = vt$; $t = \frac{s}{v}$; $v = \frac{s}{t}$ $(v_t = v = \text{const})$	
равномерно ускоренное $(v_0 = 0)$	$s = \frac{v_t t}{2} = \frac{at^2}{2} = \frac{v_t^2}{2a}$; $t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \frac{v_t}{a} = \frac{2s}{v_t}$; $v = \sqrt{2as} = \frac{2s}{t} = at$; $a = \frac{v_t}{t} = \frac{2s}{t^2} = \frac{v_t^2}{2s}$
равномерно ускоренное $(v_0 \neq 0)$	$s = \frac{t(v_0 + v_t)}{2} = v_0 t + \frac{at^2}{2}$; $v_t = v_0 + at = \frac{s}{t} + \frac{1}{2}at$; $v_0 = v_t + at = \frac{s}{t} + \frac{at}{2}$; $a = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{2(s - v_0 t)}{t^2}$; $t = \frac{v_t - v_0}{a} = \frac{2s}{v_0 + v_t}$
равномерно замедленное	$s = \frac{t(v_0 + v_t)}{2} = v_0 t - \frac{at^2}{2}$; $t = \frac{v_0 - v_t}{a} = \frac{2s}{v_0 + v_t}$; $v_t = v_0 - at = \frac{s}{t} - \frac{1}{2}at$; $v_0 = v_t - at = \frac{s}{t} - \frac{at}{2}$; $a = \frac{v_0 - v_t}{t} = \frac{2(v_0 t - s)}{t^2}$
Свободное падение *1	$s = \frac{v_t t}{2} = \frac{gt^2}{2}$; $t = \sqrt{\frac{2s}{g}}$; $v = gt$
Вращательное движение:	Параметры: α_t — угловой путь, пройденный радиусом за время t, рад; t — время, с; ω_t — угловая скорость, 1/с; ω_0 — начальная угловая скорость, 1/с; ε — угловое ускорение, 1/с²; n — частота вращения, об/мин; v — линейная скорость на радиусе r, м/с
равномерное	$\alpha_t = \omega t = \frac{\pi n}{30} t$; $t = \frac{\alpha_t}{\omega} = \frac{30\alpha_t}{\pi n}$; $\omega = \frac{\alpha_t}{t}$; $\omega_t = \omega = \text{const}$; $v = \frac{\pi r n}{30} = r\omega$

Продолжение табл. 22

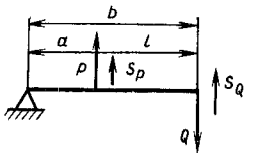
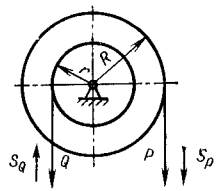
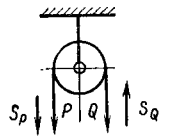
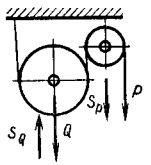
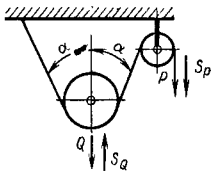
Формулы для определения параметров движения
равномерно ускоренное $(\omega_0 = 0)$; $\alpha_t = \frac{\omega_t t}{2} = \frac{\varepsilon t^2}{2} = \frac{\omega_t^2}{2\varepsilon}$; $t = \frac{2\alpha_t}{\omega_t} = \sqrt{\frac{2\alpha_t}{\varepsilon}} = \frac{\omega_t}{\varepsilon}$; $\omega_t = \frac{2\alpha_t}{t} = \sqrt{2\varepsilon\alpha_t} = \varepsilon t$; $\varepsilon = \frac{\omega_t}{t} = \frac{2\alpha_t}{t^2} = \frac{\omega_t^2}{2\alpha_t}$
равномерно ускоренное $(\omega_0 \neq 0)$; $\alpha_t = \frac{(\omega_0 + \omega_t)t}{2} = \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2}$; $t = \frac{\omega_t - \omega_0}{\varepsilon}$; $\omega_t = \omega_0 + \varepsilon t = \frac{\alpha_t}{t} + \frac{\varepsilon t}{2}$; $\omega_0 = \omega_t + \varepsilon t = \frac{\alpha_t}{t} + \frac{\varepsilon t}{2}$; $\varepsilon = \frac{\omega_t - \omega_0}{t} = 2\frac{\alpha_t - \omega_0 t}{t^2}$
равномерно замедленное $\alpha_t = \frac{(\omega_0 + \omega_t)t}{2} = \omega_0 t - \frac{\varepsilon t^2}{2}$; $t = \frac{\omega_0 - \omega_t}{\varepsilon}$; $\omega_t = \omega_0 - \varepsilon t = \frac{\alpha_t}{t} - \frac{\varepsilon t}{2}$; $\omega_0 = \omega_t - \varepsilon t = \frac{\alpha_t}{t} - \frac{\varepsilon t}{2}$; $\varepsilon = \frac{\omega_0 - \omega_t}{t} = 2\frac{\omega_0 t - \alpha_t}{t^2}$

*1 Свободное падение тела под действием силы тяжести есть равномерно ускоренное движение с ускорением свободного падения.

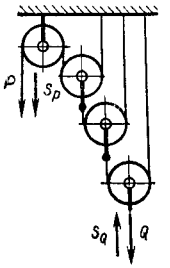
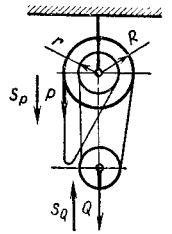
23. Расчет простейших механизмов (без учета трения)

Механизм	Эскиз	Формулы для определения	
		сил	перемещений
Рычаг первого рода		$P = Q\frac{a}{b}$; $b = \frac{Ql}{Q+P}$; $a = \frac{Pl}{Q+P}$	$S_P = -S_Q\frac{b}{a}$; $S_Q = -S_P\frac{a}{b}$
Рычаг второго рода		$P = Q\frac{b}{a}$; $a = \frac{Ql}{P-Q}$;	$S_P = S_Q\frac{a}{b}$;

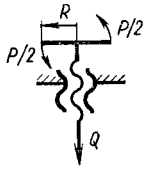
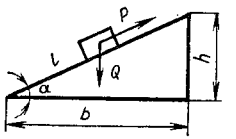
Продолжение табл. 23

Механизм	Эскиз	Формулы для определения сил	Формулы для определения перемещений
Рычаг второго рода		$b=\frac{Pl}{P-Q}$	$S_Q=S_P\frac{b}{a}$
Ворот		$P=Q\frac{r}{R}$	$S_P=-S_Q\frac{R}{r}$
Блок		$P=Q$	$S_P=-S_Q$
Системы блоков		$P=\frac{Q}{2}$	$S_P=-2S_Q$
		$P=\frac{Q}{2\cos\alpha}$	$S_P=-S_Q 2\cos\alpha$

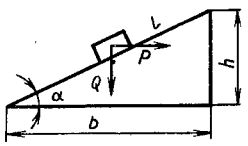
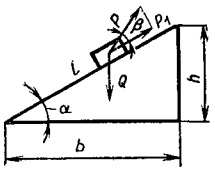
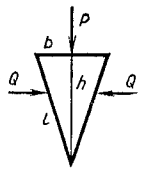
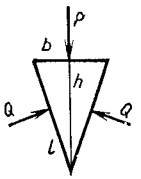
Продолжение табл. 23

Механизм	Эскиз	Формулы для определения сил	Формулы для определения перемещений
Системы блоков		$P=\frac{Q}{2^n}$	$S_P=-S_Q 2^n$
		n — число подвижных блоков	
Дифференциальный блок		$P=Q\frac{R-r}{2R}$	$S_P=-S_Q\frac{2R}{R-r}$

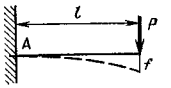
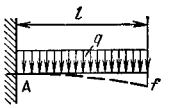
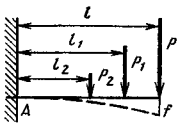
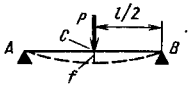
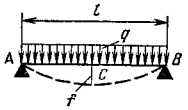
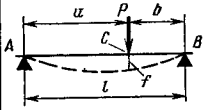
Винтовой и клиновые механизмы

Эскиз	Формулы для определения сил
	Винтовой механизм $P=\frac{Qt}{2\pi R}$ (t — шаг винта)
	Клиновые механизмы $P=Q\frac{h}{l}=Q\sin\alpha$

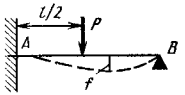
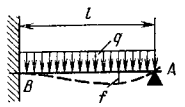
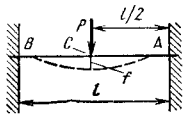
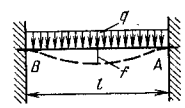
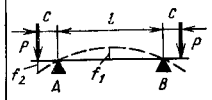
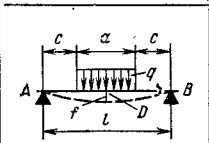
Продолжение табл. 24

Эскиз	Формулы для определения сил
	$P = Q\frac{h}{l} = Q\,\mathrm{tg}\,\alpha$
	$P = Q\frac{\sin\alpha}{\cos\beta};\quad P_1 = Q\sin\alpha$
	$P = Q\frac{b}{l}$
	$P = Q\frac{b}{h}$

24. Расчет балок с различным нагружением (значения Z и Y см. в табл. 26)

Схема нагружения	Реакции опор A и B, максимальный изгибающий момент M_{max}	Допустимая нагрузка	Максимальный прогиб f	Опасное сечение
	$A = P$; $M_{max} = Pl$	$P_д = \frac{\sigma_и Z}{l}$	$\frac{Pl^3}{3EJ}$	A
	$A = Q$; $Q = ql$; $M_{max} = \frac{Ql}{2}$	$Q_д = \frac{2\sigma_и Z}{l}$	$\frac{Ql^3}{8EJ}$	A
	$A = P_1 + P_2 + P$; $M_{max} = Pl + P_1 l_1 + P_2 l_2$	–	$\frac{1}{3EJ}(Pl^3 + P_1 l_1^3 + P_2 l_2^3)$	A
	$A = B = \frac{P}{2}$; $M_{max} = \frac{Pl}{4}$	$P_д = \frac{4\sigma_и Z}{l}$	$\frac{Pl^3}{48EJ}$	C
	$A = B = \frac{Q}{2}$; $Q = ql$; $M_{max} = \frac{Ql}{8}$	$Q_д = \frac{8\sigma_и Z}{l}$	$\frac{5Ql^3}{384EJ}$	C
	$A = \frac{Pb}{l}$; $B = \frac{Pa}{l}$; $M_{max} = \frac{Pab}{l}$	$P_д = \frac{\sigma_и Z l}{ab}$	$\frac{Pa^2b^2}{3EJl}$	C

Продолжение табл. 24

Схема нагружения	Реакции опор A и B, максимальный изгибающий момент M_{max}	Допустимая нагрузка	Максимальный прогиб f	Опасное сечение
	$A=\frac{5P}{16}$; $B=\frac{11P}{16}$; $M_{max}=\frac{3Pl}{16}$	$P_д=\frac{16\sigma_и Z}{l}$	$\frac{7Pl^3}{768EJ}$	A
	$A=\frac{3Q}{8}$; $B=\frac{5Q}{8}$; $Q=ql$; $M_{max}=\frac{Ql}{8}$	$Q_д=\frac{8\sigma_и Z}{l}$	$\frac{Ql^3}{185EJ}$	B
	$A=B=\frac{P}{2}$; $M_{max}=\frac{Pl}{8}$	$P_д=\frac{8\sigma_и Z}{l}$	$\frac{Pl^3}{192EJ}$	A, B, C
	$A=B=\frac{Q}{2}$; $Q=ql$; $M_{max}=\frac{Ql}{12}$	$Q_д=\frac{12\sigma_и Z}{l}$	$\frac{Ql^3}{384EJ}$	A, B
	$A=B=P$; $M_{max}=Pc=$ $=\text{const}$	$P_д=\frac{\sigma_и Z}{c}$	$f_1=\frac{Pl^3c}{8EJl}$ $f_2=\frac{Pc^2}{3EJ}\times$ $\times\left(c+\frac{3l}{2}\right)$	Все сечения
	$A=B=\frac{Q}{2}$; $Q=ql$; $M_{max}=\frac{Q(2l-a)}{8}$	$Q_д=\frac{8\sigma_и Z}{2l-a}$	$\frac{Q}{384EJ}\times$ $\times(8l^3-4l^2a+$ $+a^3)$	D

25. Расчет прямых стержней постоянного сечения на устойчивость

В общем случае величину критической силы $P_{кр}$, при которой прямолинейная форма стержня становится неустойчивой, определяют по формуле Эйлера:

$$P_{кр}=\frac{\pi^2 EJ}{l_{пр}^2},$$

где E — модуль продольной упругости материала стержня (модуль Юнга); J — минимальный осевой момент инерции поперечного сечения стержня; $l_{пр}$ — приведенная длина стержня ($l_{пр}=\nu l$, здесь ν — коэффициент приведения, зависящий от схемы нагружения и закрепления стержня).

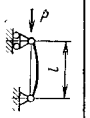
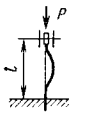
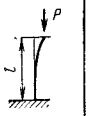
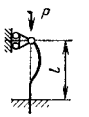
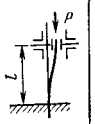
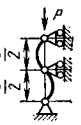
Критическое напряжение

$$\sigma_{кр}=\frac{P_{кр}}{F}=\frac{\pi^2 E}{\lambda^2},$$

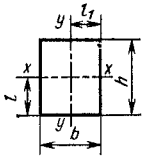
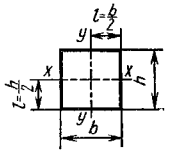
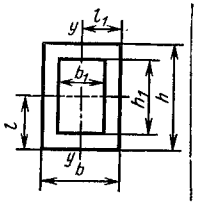
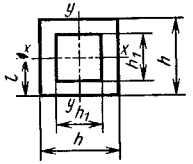
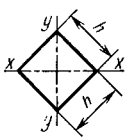
где $\lambda=\frac{l_{пр}}{i}$ — гибкость стержня (i — минимальный радиус инерции поперечного сечения стержня, см. табл. 26).

Схемы нагружения и закрепления стержней

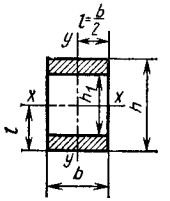
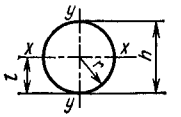
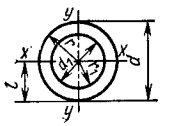
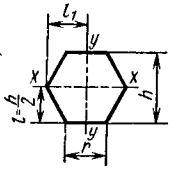
Обозначения: $P_{кр}$ — критическая сила; $l_{пр}$ — приведенная длина стержня; J — минимальный допустимый осевой момент инерции поперечного сечения стержня при силе P

Схема	$P_{кр}$	$l_{пр}$	J	Схема	$P_{кр}$	$l_{пр}$	J
	$\frac{\pi^2 EJ}{l^2}$	l	$\frac{Pl^2}{\pi^2 E}$		$\frac{4\pi^2 EJ}{l^2}$	$\frac{l}{2}$	$\frac{Pl^2}{2\pi^2 E}$
	$\frac{\pi^2 EJ}{4l^2}$	$2l$	$\frac{4Pl^2}{\pi^2 E}$		$\frac{2\pi^2 EJ}{l^2}$	$0{,}707l$	$\frac{Pl^2}{2\pi^2 E}$
	$\frac{\pi^2 EJ}{l^2}$	l	$\frac{Pl^2}{\pi^2 E}$		$\frac{4\pi^2 EJ}{l^2}$	$\frac{l}{2}$	$\frac{Pl^2}{4\pi^2 E}$

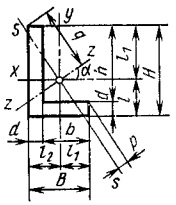
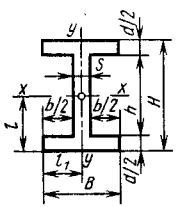
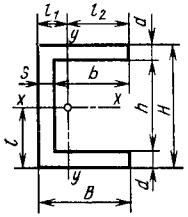
26. Осевые моменты инерции, моменты сопротивления и минимальный радиус инерции для наиболее распространенных профилей

Форма сечения	Осевой момент инерции, см⁴	Момент сопротивления, см³	Минимальный радиус инерции поперечного сечения, см
	$J_x = \frac{bh^3}{12}$; $J_y = \frac{b^3h}{12}$	$Z_x = \frac{bh^2}{6}$; $Z_y = \frac{b^2h}{6}$	$i_x = \frac{h}{\sqrt{12}}$; $i_y = \frac{b}{\sqrt{12}}$
	$J_x = J_y = \frac{h^4}{12}$	$Z_x = Z_y = \frac{h^3}{6}$	$i_x = i_y = \frac{h}{\sqrt{12}}$
	$J_x = \frac{bh^3 - b_1h_1^3}{12}$; $J_y = \frac{b^3h - b_1^3h_1}{12}$	$Z_x = \frac{bh^3 - b_1h_1^3}{6h}$; $Z_y = \frac{b^3h - b_1^3h_1}{6b}$	$i_x = \sqrt{\frac{bh^3 - b_1h_1^3}{12(bh - b_1h_1)}}$; $i_y = \sqrt{\frac{b^3h - b_1^3h_1}{12(bh - b_1h_1)}}$
	$J_x = J_y = \frac{h^4 - h_1^4}{12}$	$Z_x = Z_y = \frac{h^4 - h_1^4}{6h}$	$i_x = i_y = \sqrt{\frac{h^2 - h_1^2}{12}}$
	$J_x = J_y = \frac{h^4}{12}$	$Z_x = Z_y = \frac{h^3\sqrt{2}}{12}$	$i_x = i_y = \frac{h}{\sqrt{12}}$

Продолжение табл. 26

Форма сечения	Осевой момент инерции, см⁴	Момент сопротивления, см³	Минимальный радиус инерции поперечного сечения, см
	$J_x = \frac{b}{12}(h^3 - h_1^3)$; $J_y = \frac{b^3}{12}(h - h_1)$	$Z_x = \frac{b(h^3 - h_1^3)}{6h}$; $Z_y = \frac{b^2(h - h_1)}{6}$	$i_x = \sqrt{\frac{h^3 - h_1^3}{12(h - h_1)}}$; $i_y = \frac{b}{\sqrt{12}}$
	$J_x = J_y = \frac{\pi d^4}{64}$	$Z_x = Z_y = \frac{\pi d^3}{32}$	$i_x = i_y = \frac{d}{4} = \frac{r}{2}$
	$J_x = J_y = \frac{\pi}{64} \times (d^4 - d_1^4) = \frac{\pi}{4}(r^4 - r_1^4)$	$Z_x = Z_y = \frac{\pi}{32}\frac{d^4 - d_1^4}{d} = \frac{\pi}{4}\frac{r^4 - r_1^4}{r}$	$i_x = i_y = \frac{\sqrt{d^2 - d_1^2}}{4}$
	$J_x = J_y = 0{,}5431r^4$	$Z_x = 0{,}6250r^3$; $Z_y = 0{,}5413r^3$	$i_x = i_y = 0{,}4565r$

Продолжение табл. 26

Форма сечения	Осевой момент инерции, см⁴	Момент сопротивления, см³	Минимальный радиус инерции поперечного сечения, см
	$J_x = \frac{1}{3}[d(H-l)^3 + B l^3 - b(l-d)^3];$ $J_y = \frac{1}{3} \times [d(B-l_2)^3 + H l_2^3 - h(l_2-d)^3];$ $J_s = \frac{J_y \cos^2\alpha - J_x \sin^2\alpha}{\cos 2\alpha};$ $J_z = \frac{J_x \cos^2\alpha - J_y \sin^2\alpha}{\cos 2\alpha}$	$Z_x = \frac{J_x}{l_1};$ $Z_y = \frac{J_y}{l_2};$ $Z_s = \frac{J_s}{p};$ $Z_z = \frac{J_z}{s}$	$i_x = \sqrt{\frac{J_x}{F}};$ $i_y = \sqrt{\frac{J_y}{F}};$ $i_s = \sqrt{\frac{J_s}{F}};$ $i_z = \sqrt{\frac{J_z}{F}};$ $F = d(b+H)$
	$J_x = \frac{1}{12}(BH^3 - bh^3);$ $J_y = \frac{1}{12}(dB^3 + hs)$	$Z_x = \frac{BH^3 - bh^3}{6H};$ $Z_y = \frac{dB^3 + hS^3}{6B}$	$i_x = \sqrt{\frac{BH^3 - bh^3}{12(BH - bh)}};$ $i_y = \sqrt{\frac{dB^3 + hs^3}{12(BH - bh)}}$
	$J_x = \frac{1}{12}(BH^3 - bh^3);$ $J_y = \frac{1}{12}(Hs^3 + db^3) + Hs\left(l_1 - \frac{1}{2}s\right)^2 + bd\left(l_2 - \frac{1}{2}b\right)^2 = \frac{1}{3}[Hl_1^3 - h \times (l_1 - s)^3 + dl_2^3]$	$Z_x = \frac{BH^3 - bh^3}{6H};$ $Z_{y_1} = \frac{J_y}{l_1};$ $Z_{y_2} = \frac{J_y}{l_2}$	$i_x = \sqrt{\frac{BH^3 - bh^3}{12(BH - bh)}};$ $i_y = \sqrt{\frac{J_y}{F}};$ $F = BH - bh$

27. Электрическое сопротивление r (Ом) 1 м проволоки в зависимости от ее диаметра d и материала (при 20 °С)

d, мм	Проволока				
	медная	вольфрамовая	стальная	никелиновая	нихромовая
0,05	8,66	28	51	204	510
0,10	2,16	7,0	12,7	51	128
0,30	0,240	0,778	1,41	5,41	14,14
0,50	0,087	0,280	0,51	2,04	5,10
0,70	0,044	0,143	0,260	1,04	2,60
1,0	0,0216	0,070	0,127	0,51	1,28
1,2	0,0150	0,0486	0,088	0,354	0,884
1,4	0,0110	0,0357	0,065	0,260	0,650
1,6	0,0085	0,0273	0,0497	0,199	0,498
1,8	0,0067	0,0216	0,0393	0,157	0,393
2,0	0,0054	0,0175	0,0318	0,127	0,318
2,6	0,0035	0,0112	0,0204	0,081	0,204
3,0	0,0024	0,0078	0,0141	0,057	0,142

28. Длина l проводника, имеющего электрическое сопротивление 1 Ом

Материал	l, м		Материал	l, м	
	при диаметре 1 мм	при площади поперечного сечения 1 мм²		при диаметре 1 мм	при площади поперечного сечения 1 мм²
Алюминий	29,0	37,0	Никелин	0,9	1,8
Вольфрам	14,3	18,1	Нихром	0,7	0,9
Железо	8,0	10,3	Свинец	3,8	4,8
Медь	43,2	58,8	Серебро	49,0	62,5

Электрическая прочность электроизоляционных материалов определяется напряженностью поля, при которой происходит пробой диэлектрика толщиной 1 мм.

29. Электрическая прочность материалов

Материал	$E_{пр}$, кВ/мм	Материал	$E_{пр}$, кВ/мм	Материал	$E_{пр}$, кВ/мм
Сухая береза	4	Полиэтилен	40	Фарфор электротехнический	20
Парафин	25	Резина	20	Фибра	5
Плексиглас	18	Слюда	100	Фторопласт-4	25
Полистирол	30	Стекло	25	Эбонит	25

30. Удельное электрическое сопротивление ρ некоторых электроизоляционных материалов (при 20 °С)

Материал	ρ, Ом·м	Материал	ρ, Ом·м
Битум	10^{13}—10^{14}	Слюда	10^{13}—10^{16}
Воск пчелиный	10^{11}—10^{12}	Стекло	10^{6}—10^{15}
Гетинакс	10^{8}—10^{9}	Текстолит	10^{8}—10^{9}
Древесина (сухая)	10^{6}—10^{7}	Фарфор электротехнический	$7 \cdot 10^{10}$—$4 \cdot 10^{11}$
Канифоль	10^{12}—10^{13}	Фибра	10^{11}
Капрон	10^{10}—10^{11}	Фторопласт-4	10^{16}—10^{17}
Лавсан	10^{14}—10^{16}	Церазин	10^{13}
Мрамор	10^{6}—10^{9}	Шифер	10^{4}—10^{6}
Парафин	10^{14}—10^{16}	Эбонит	$(2{,}6—8{,}4) \cdot 10^{13}$
Полистирол	10^{13}—10^{15}	Эскапон	10^{13}—10^{15}
Полиэтилен	10^{13}—10^{15}	Эпоксидные смолы	10^{11}—10^{13}
Резина электроизоляционная	10^{10}		

31. Удельное электрическое сопротивление ρ электролитов (при 18 °С)

Раствор	Концентрация раствора, %	ρ, Ом·м	Раствор	Концентрация раствора, %	ρ, Ом·м
Едкий натр	5	0,051	Кислота:		
	20	0,030	серная	5	0,048
Медный купорос	5	0,529		20	0,015
	10	0,315	соляная	5	0,025
Поваренная соль	5	0,149		20	0,013
	20	0,051			

32. Охлаждающие смеси

Соль	Смеси			
	соли с водой *1		соли со льдом *2	
	m, г	Δt, °С	m, г	t, °С
Азотнокислый аммоний [(NH_4NO_3) селитра аммиачная]	60	27,2	45	—17,3
Азотнокислый натрий ($NaNO_3$)	75	18,5	59	—18,5
Хлористый аммоний (NH_4Cl)	30	18,4	25	—15,8
Хлористый калий (KCl)	30	12,6	30	—11
Хлористый кальций ($CaCl_2$)	127	23	30	—11
Хлористый натрий [($NaCl$) поваренная соль]	36	2,5	33	—21,2

*1 Смесь m граммов соли со 100 г воды при 10—15 °С снижает температуру на Δt °С.

*2 Смесь m граммов соли со 100 г льда (или снега) вызывает понижение температуры до t °С.

При смешении указанных солей со 100 г льда (или снега) происходит охлаждение на Δt °С.

Смесь солей	Δt, °С	Смесь солей	Δt, °С
38 г KNO_3 + 13 г NH_4Cl	31	13 г NH_4Cl + 37,5 г $NaNO_3$	30,7
20 г NH_4Cl + 40 г $NaCl$	30	41,6 г NH_4NO_3 + 41,6 г $NaCl$	40

33. Плотность ρ некоторых твердых тел (при 20° С)

Материал	ρ, кг/м³	Материал	ρ, кг/м³
Алмаз	3511	Константан	8900
Алюминий	2700	Латунь	8500—8700
Асфальт	1100—2800	Лед (при 0° С)	917
Бетон	1800—2400	Магний	1738
Бумага	700—1100	Медь	8960
Вольфрам	19300	Мрамор	2600—2800
Воск	960	Натрий	971
Гранит	2500—2900	Никелин	8500—8800
Графит	2100—2520	Нихром	8200—8500
Дерево сухое:		Олово	7310
береза	600—800	Парафин	900
дуб	700—1000	Платина	21450
ель	400—700	Платиноиридиевый сплав	21600
кедр	300—400	Пробка	200—260
клен	500—800	Свинец	11350
липа	300—600	Серебро	10500
ольха	400—600	Смола	1070
орех	600—700	Соль поваренная	2200
сосна	400—700	Сталь	7700—7900
ясень	600—800	Стеарин	1000
Дюралюмин	2700—2900	Стекло	2400—2700
Железо	7900	Фарфор	2200—2500
Золото	19320	Цинк	7140
Инвар	7900	Чугун:	
Каменный уголь	1200—1500	белый	7200—7700
Канифоль	1070	серый	6600—7400
Каучук	911	Эбонит	1200
Кирпич	1400—1600	Янтарь	1100

34. Плотность ρ некоторых жидкостей

Жидкость	ρ, кг/м³	Жидкость	ρ, кг/м³
Азот (—196 °С)	804	Медный купорос:	
Азотная кислота (100%-ная)	1500	10 %-ный	1107
		20 %-ный	1230
Бензин	700—800	Нефть	730—940
Вода	998	Раствор поваренной соли в воде:	
Водород (—194 °С)	70,8	10 %-ный	1071
Глицерин	1260	20 %-ный	1148
Дизельное топливо	860	Ртуть	13546
Керосин	800	Серная кислота (дымящаяся)	1830
Кислород (—182 °С)	1142	Скипидар	870
Масло:		Соляная кислота 20 %-ная	1100
растительное	910—970	Спирт метиловый и этиловый	790
касторовое	960	Эфир этиловый	710
подсолнечное рафинированное	926		
трансформаторное	840—890		

Примечание. Плотности жидкостей указаны при 20 °С (если не указана иная температура).

35. Удельная теплоемкость c твердых тел

Твердое тело	t, °С	c	
		кДж/(кг·К)	ккал/(кг·°С)
Алюминий	16—100	0,88	0,21
Бетон	18	0,92	0,22
Бронза	14—98	0,38	0,09
Вольфрам	20—100	0,13	0,03
Дерево сухое:			
дуб	0—100	2,40	0,57
ель, сосна	0—100	2,70	0,65
Железо	18—100	0,46	0,11
Золото	0—100	0,13	0,03
Кирпич	18	0,75	0,18
Кремний	0—99	0,71	0,17
Латунь	20—100	0,38	0,09
Лед	—40—0	2,09	0,5
Медь	18—100	0,38	0,09
Никелин	18—100	0,46	0,11
Никель	15—100	0,46	0,11
Нихром	20	0,46	0,11
Олово	18—100	0,20	0,05
Парафин	18	3,20	0,77
Песок	20—100	0,79	0,19
Платина	0—100	0,13	0,03
Пробка	18	2,05	0,49
Свинец	18—100	0,13	0,03
Серебро	15—100	0,20	0,05
Сталь:			
1,25 % С	10—13	0,50	0,12
0,07—0,15 % С	0—100	0,46	0,11
Стекло	10—15	0,67—0,83	0,16—0,20
Фарфор	15—200	0,75	0,18
Чугун	0—100	0,54	0,13

36. Удельная теплоемкость c жидкостей

Жидкость	t, °С	c	
		кДж/(кг·К)	ккал/(кг·°С)
Бензин	20	2,09	0,50
Вода	20	4,22	1,006
Глицерин	15—20	2,43	0,58
Керосин	20	2,21	0,53
Масло трансформаторное	20	2,09	0,50
Ртуть	20	0,14	0,033
Скипидар	18	1,76	0,42
Спирт этиловый	15—30	2,51	0,60
Эфир этиловый	18	2,34	0,56

37. Удельная теплоемкость c воды при различной температуре t (при давлении 101 325 Па)

t, °С	c		t, °С	c		t, °С	c	
	кДж/(кг·К)	ккал/(кг·°С)		кДж/(кг·К)	ккал/(кг·°С)		кДж/(кг·К)	ккал/(кг·°С)
0	4,212	1.006	40	4,174	0,997	80	4,195	1,002
10	4,191	1,001	50	4,174	0,997	90	4,208	1,005
20	4,183	0,999	60	4,178	0,998	100	4,220	1,008
30	4,174	0,997	70	4,187	1,000			

38. Диэлектрическая проницаемость (относительная ε и абсолютная ε_a) для некоторых веществ при 20 °С

$\varepsilon_a = \varepsilon \cdot \varepsilon_0$, где ε_0 — электрическая постоянная (диэлектрическая проницаемость вакуума), равная $\sim 8{,}85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м = 8,85 пФ/м

Вещество	ε	ε_a, пФ/м	Вещество	ε	ε_a, пФ/м
Газы			Масло:		
			касторовое	4,5—4,8	40—42
Азот	1,00060	8,85531	трансформаторное	2,1—2,4	18—21
Водород	1,00027	8,85238			
Воздух	1,00058	8,85491	Скипидар	2,2	19
Кислород	1,00055	8,85487	Спирт этиловый	25,0	221
Углекислый газ	1,00096	8,85850	Эфир этиловый	4,4	39
Жидкости			**Твердые тела**		
Бензин	1,9—2,0	17—18	Бумага сухая	2,0—2,5	18—22
Вода	81,0	717	Воск пчелиный	2,8—2,9	25—26
Глицерин	39,1	346	Гетинакс	3,5—6,5	31—57
Керосин	2,1	18,6	Дерево	2,2—3,7	19—33

Продолжение табл. 38

Вещество	ε	ε_a, пФ/м	Вещество	ε	ε_a, пФ/м
Канифоль	3,0—3,5	27—32	Резина	2,6—3,0	23—27
Капрон	3,6—5,0	32—44	Слюда	4,0—8,0	35—71
Мрамор	8,0—10,0	71—98	Стекло	5,0—10,0	44—88
Парафин	1,9—2,2	17—19	Текстолит	7,0	62
Плексиглас	3,0—3,6	27—32	Титанат бария	1200	10 600
Полихлорвинил	3,0—5,0	27—44	Фарфор	4,4—6,8	39—60
Полиэтилен	2,2—2,4	19—21	Эбонит	4,0—4,5	35—40

39. Удельное электрическое сопротивление ρ проводников (при 20 °С)

Проводник	ρ, мкОм·м	Проводник	ρ, мкОм·м
Алюминий	0,028	Никель	0,073
Бронза оловянистая	0,18	Олово	0,12
Вольфрам	0,055	Платина	0,105
Графит	8,0—20,0	Ртуть	0,958
Железо	0,098	Свинец	0,21
Золото	0,024	Серебро	0,016
Латунь	0,063	Сталь	0,10—0,14
Магний	0,047	Цинк	0,059
Медь	0,017	Чугун	0,5

Для справки: 1 Ом·м = 100 Ом·см = 10^6 Ом·мм²/м = 1 МОм·мм²/м; 1 Ом·мм²/м = 10^{-6} Ом·м = 1 мкОм·м. Например, для меди ρ = = 0,017 мкОм·м = 0,017·10^{-4} Ом·см = 0,017 Ом·мм²/м = 1,7·10^{-8} Ом·м

40. Удельное электрическое сопротивление ρ жидкостей (при 20 °С)

Жидкость	ρ, Ом·м	Жидкость	ρ, Ом·м
Бензин	10^{10}—10^{13}	Касторовое масло	10^{10}—10^{11}
Вода:		Керосин	10^{10}
дистиллированная	10^3—10^4	Нефть	$3\cdot10^9$
морская	0,3	Скипидар	$5\cdot10^{10}$
речная	10—100	Спирт этиловый	10^4—10^5
Воздух жидкий	10^{16}	Трансформаторное масло	10^{10}—10^{13}

ГЛАВА II

МАТЕРИАЛЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ

МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Механические, физические и технологические свойства материалов. Качество материалов оценивается механическими, физическими и технологическими свойствами. Первые два оценивают техническую пригодность материала, а третьи — условия его обработки.

К основным механическим свойствам металлов и сплавов относятся следующие:

предел текучести $\sigma_т$ — растягивающее напряжение, при котором деформация начинает расти без увеличения нагрузки;

предел прочности при растяжении (временное сопротивление разрыву) $\sigma_в$ — условное напряжение, получаемое делением максимальной нагрузки P_{max} на площадь поперечного сечения F:

$$\sigma_в = \frac{P_{max}}{F};$$

предел прочности при сжатии $\sigma_с$;

относительное удлинение δ (δ_5) — частное от деления остаточного удлинения (разности между длиной сложенных частей разорванного образца l_1 и первоначальной его длиной l_0) на первоначальную длину рабочей части *1;

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} 100\ \%;$$

при длине рабочей части $l_0 = 5\sqrt{\frac{4F}{\pi}}$ (где F — площадь поперечного сечения) относительное удлинение обозначается δ_5 и будет больше, чем δ_{10}, полученное у образцов с длиной рабочей части $l_0 = 10\sqrt{\frac{4F}{\pi}}$;

относительное сужение ψ определяется как частное от деления разности площадей поперечного сечения начального и минимального (в месте разрыва) на первоначальную площадь этого сечения:

$$\psi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} 100\ \%;$$

ударная вязкость $a_н$ определяется при изломе образца размером 10×10×55 мм с закругленным надрезом глубиной 2 мм посередине

*1 Перечисленные характеристики определяются при растяжении образцов с головками и цилиндрической (призматической) рабочей частью.

на маятниковом копре и выражается отношением работы излома A к площади поперечного сечения F в месте надреза (нож маятника ударяет по обратной стороне в месте надреза):

$$a_н = \frac{A}{F} = 1{,}25A;$$

предел прочности хрупких материалов при статическом изгибе $\sigma_и$ — максимальное напряжение при изломе образца прямоугольного сечения шириной b и высотой h или круглого сечения диаметром d изгибающим моментом M:

$$\sigma_и = \frac{6M}{bh^2} \quad \text{или} \quad \sigma_и = \frac{32M}{\pi d^3}.$$

При изгибе образца, лежащего на опорах, с расстоянием между ними l

$$\sigma_и = \frac{3Pl}{2bh^2} \quad \text{или} \quad \sigma_и = \frac{8Pl}{\pi d^3};$$

твердость по Бринеллю — отношение нагрузки, вдавливающей стальной шарик в испытуемый металл или сплав, к площади поверхности сферической лунки в металле (сплаве):

$$HB = \frac{P}{F} = \frac{P}{\pi Dh} = \frac{2P}{\pi D\sqrt{D^2 - d^2}},$$

где D — диаметр шарика (10; 5; 2,5 мм); d — измеренный диаметр отпечатка, мм; h — глубина отпечатка; при нагрузках, равных $30D^2$, $10D^2$; $2{,}5D^2$ (D, мм) твердость определяют по таблицам без вычислений; метод рекомендуется при HB не выше 450 кгс/мм².

твердость по Виккерсу — отношение нагрузки на стандартную пирамиду при вдавливании ее вершины в испытуемый материал к площади поверхности пирамидального отпечатка:

$$HV = \frac{P}{F} = 1{,}8544\,\frac{P}{D^2},$$

где D — диагональ отпечатка;

твердость по Роквеллу — условная характеристика, значение которой отсчитывают по шкале твердомера; в зависимости от условий определения различают твердость HRA — для очень твердых материалов (по шкале А); HRB — для мягкой стали (по шкале B); HRC — для закаленной стали (по шкале C).

Основные физические характеристики материалов следующие:

плотность — отношение массы вещества M к его объему V:

$$\gamma = \frac{M}{V};$$

температура плавления $t_{пл}$ — температура превращения твердого вещества в жидкое;

коэффициент теплопроводности λ — отношение произведения количества тепла Q, проходящего через пластинку материала, на толщину пластинки l к площади пластинки F, умноженной на разность температур на ее сторонах $(t_1 - t_2)$ и на время τ:

$$\lambda = \frac{Ql}{F(t_1 - t_2)\tau};$$

коэффициент линейного расширения α — линейная деформация материала при изменении температуры на 1 °С.

Основные технологические свойства следующие:

обрабатываемость металла резанием оценивается скоростью затупления резца при точении на заданных режимах резания с обеспечением необходимых параметров шероховатости поверхности и выражается в процентах от обрабатываемости стали повышенной обрабатываемости резанием или свинцовистой латуни соответственно для сталей или медных сплавов;

обрабатываемость давлением в горячем и холодном состояниях оценивают различными технологическими пробами (на осадку, на изгиб, на вытяжку сферической лунки и др.), характеристиками пластичности, твердости и упрочнения материала при температуре обработки;

свариваемость — способность металлов и сплавов образовывать неразъемные соединения с требуемыми механическими характеристиками; ее оценивают сравнением свойств сварных соединений со свойствами основного металла или сплава; свариваемость считается тем выше, чем больше способов сварки может быть применено, шире пределы допускаемых режимов сварки; для оценки технологической свариваемости определяют структуру, механические свойства и склонность к образованию трещин металла шва и околошовной зоны.

Литейные свойства определяются совокупностью показателей (температурами плавления, кипения, заливки и кристаллизации; плотностью и жидкотекучестью расплава; литейной усадкой и др.). Оптимальные показатели позволяют получить отливки без внутренних и внешних дефектов.

Упрочняемость металлов и сплавов определяется способностью материала приобретать более высокую прочность после термической или механической обработки.

Структура металлов. Металлы и сплавы при одном и том же химическом составе могут иметь различное структурное строение в зависимости от применяемых методов и режимов термической и механической обработки. Различают макро- и микроструктуру металлов. Методы контроля структуры металлов и сплавов стандартизованы (ГОСТ 3443—77; ГОСТ 5639—65; ГОСТ 5640—68; ГОСТ 8233—56; ГОСТ 21073.0—75 ÷ 21073.4—75).

Макроструктуру стали оценивают на протравленных образцах по шести показателям путем сравнения с эталоном: 1) центральной пористости — мелким пустотам, не завариваемым при горячей обработке давлением; 2) ликвации — неоднородности отдельных участков металла по химическому составу, структуре, неметаллическим и газовым включениям; 3) подкорковым пузырям — мелким пустотам, расположенным вблизи поверхности или на поверхности заготовки; 4) монокристаллическим трещинам — тонким извилистым полоскам от оси заготовки; 5) послойной кристаллизации — чередующимся слоям металла в виде узких светлых и темных полос; 6) светлой полоске — яркой концентрической полоске металла пониженной травленности.

Дефекты поверхности и формы прокатанных изделий установлены ГОСТ 20847—75 и ГОСТ 21014—75. Оценку проводят по 96 параметрам. На изломах макроструктуру оценивают путем сравнения с нормативными макроструктурами, приведенными в ГОСТ 10243—75, по 25 параметрам.

Условные обозначения основных элементов металлов и сплавов приведены в табл. 1, марок материалов — в табл. 2, видов термической обработки стали — в табл. 3.

1. Условные обозначения основных элементов и сплавов

Элемент	Символ	Принятое обозначение элементов в марках металлов и сплавов		Элемент	Символ	Принятое обозначение элементов в марках металлов и сплавов	
		черных	цветных			черных	цветных
Азот	N	А	—	Неодим	Nd	—	Нм
Алюминий	Al	Ю	А	Никель	Ni	Н	Н
Барий	Ba	—	Бр	Ниобий	Nb	Б	Нп
Бериллий	Be	Л	—	Олово	Sn	—	О
Бор	Б	Р	—	Осмий	Os	—	Ос
Ванадий	V	Ф	Вам	Палладий	Pd	—	Пд
Висмут	Bi	Ви	Ви	Платина	Pt	—	Рл
Вольфрам	W	В	—	Празеодним	Pr	—	Пр
Гадолиний	Gg	—	Гм	Рений	Re	—	Ре
Галлий	Ga	Гл	Гл	Родий	Rh	—	Рд
Гафний	Hf	—	Гф	Ртуть	Hg	—	Р
Германий	Ge	—	Г	Рутений	Ru	—	Ру
Гольмий	Ho	—	ГОМ	Самарий	Sm	—	Сам
Диспрозий	Dy	—	ДИМ	Свинец	Pb	—	С
Европий	Eu	—	Ев	Селен	Se	Е	СТ
Железо	Fe	—	Ж	Серебро	Ag	—	Ср
Золото	Au	—	Зл	Скандий	Sc	—	Скм
Индий	In	—	Ин	Сурьма	Sb	—	Су
Иридий	Ir	—	И	Таллий	Tl	—	Тл
Иттербий	Yb	—	ИТМ	Тантал	Ta	—	ТТ
Иттрий	Y	—	ИМ	Теллур	Te	—	Т
Кадмий	Cd	Кд	Кд	Тербий	Tb	—	Том
Кобальт	Co	К	К	Титан	Ti	Т	ТПД
Кремний	Si	С	Кр (К)	Тулий	Tu	—	ТУМ
Лантан	La	—	Ла	Углерод	C	У	—
Литий	Li	—	Лэ	Фосфор	P	П	Ф
Лютеций	Lu	—	Люм	Хром	Cr	Х	Х (Хр)
Магний	Mg	Ш	Мг	Церий	Ce	—	Се
Марганец	Mn	Г	Мц (Мр)	Цинк	Zn	—	Ц
Медь	Cu	Д	М	Цирконий	Zr	Ц	ЦЭВ
Молибден	Mo	М	—	Эрбий	Er	—	Эрм

2. Условные обозначения марок материалов

Материал	Обозначение
Сталь	
Углеродистая обыкновенного качества (ГОСТ 380—71)	Буквами Ст и цифрами 0, 1, 2, 3 и т. д. до 6. Увеличение номера указывает на повышение содержания углерода и временного сопротивления (Ст1, Ст2). Слева от

Продолжение табл. 2

Материал	Обозначение
Углеродистая обыкновенного качества (ГОСТ 380—71)	букв Ст ставят букву Б или В, которые обозначают группу стали (группа А в обозначении марки стали не указывается). Если сталь кипящая, то после цифр ставят буквы кп, полуспокойная — пс, спокойная — сп. Эти индексы обозначают степень раскисления стали
Углеродистая качественная (ГОСТ 1050—74 **)	Двумя цифрами: 05, 08, 10, 15, 20 и т. д. до 60, показывающими среднее содержание углерода в сотых долях процента (08, 15, 30, 45). Если сталь кипящая, после цифр ставят буквы кп, полуспокойная — пс (08кп, 20пс)
Легированная конструкционная, качественная, рессорно-пружинная	Первые две цифры указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента, а буквы за цифрами означают, что в составе стали находятся легирующие элементы (обозначения элементов см. выше) (40Х, 40ХН, 30ХГС). Цифры, стоящие после букв, указывают примерное содержание легирующего элемента в целых единицах процента (35Г2, 30Х2, ГН2), Если содержание легирующего элемента менее 1,5% — цифра отсутствует (50Х, 15ХР, 30ХГС). Буква А в конце обозначений марок указывает, что сталь высококачественная (15ХА, 20ХН3А)
Углеродистая инструментальная (ГОСТ 1435—74)	Буквой У и цифрами, показывающими среднее содержание углерода в десятых долях процента (У7, У8). Для высококачественной стали в конце ставят букву А (У8А)
Легированная инструментальная (ГОСТ 5950—73 *)	Первые цифры означают среднее содержание углерода в десятых долях процента. Они могут не указываться, если содержание углерода в стали меньше 0,1% (9Х, 4ХС, 5ХГН). Цифры, стоящие после букв, обозначающих легирующий элемент, показывают среднее содержание легирующего элемента в целых единицах процента (Х12, Х12М, 8Х3)
Подшипниковая	Буквами ШХ и цифрами, показывающими содержание хрома в десятых долях процента. Буквы после цифр показывают наличие дополнительных легирующих элементов
Конструкционная повышенной и высокой обрабатываемости резанием (ГОСТ 1414—75)	Буквой А и цифрами, показывающими среднее содержание углерода в сотых долях процента (А12)
Чугун	
Серый (ГОСТ 1412—79)	Буквами СЧ и двузначным числом, обозначающим предел прочности при растяжении в кгс/мм² (СЧ10) легирующих элементов. Первое число означает содержание меди в процентах, остальные числа — содержание других элементов в той последовательности, в которой они стоят (ЛМцС 58—2—2)

Продолжение табл. 2

Материал	Обозначение
Ковкий (ГОСТ 1215—59)	Буквами КЧ. Первое двузначное число обозначает предел прочности при растяжении в кгс/мм², второе число — относительное удлинение в % (КЧ 30—6)
Жаростойкий (ГОСТ 7769—75)	Первыми двумя буквами ЖЧ и последующими буквами, показывающими наличие легирующих элементов. Цифры обозначают последовательно среднее содержание легирующих элементов в процентах. Последняя буква Ш означает, что чугун с шаровидным графитом (ЖЧС5Ш)
Алюминиевые сплавы	
Литейные	Буквами АЛ, после которых указывается номер сплава (АЛ2)
Деформируемые	Буквами Д, АК, АМ, ВД и В, после которых указывается номер сплава (Д16)
Магниевые сплавы	
Литейные	Буквами Мл, после которых указывается номер сплава (Мл5)
Деформируемые	Буквами МА; за ними следует номер сплава (МА3)
Латуни	Первой буквой Л — латунь и другими буквами, показывающими содержание
Бронзы	Первыми двумя буквами Бр — бронза и последующими, показывающими только легирующие элементы. Цифры указывают их процентное содержание (БрО 4—4)
Мельхиоровые сплавы	Первыми двумя буквами МН и последующими, показывающими элементы сплава. Первое число означает содержание никеля и кобальта в процентах, остальные числа — содержание других элементов в той последовательности, в которой стоят буквы (МНЖМЦ 30—0,8—1)
Баббиты (ГОСТ 1320—74)	Буквой Б и числом, показывающим содержание олова в процентах (Б88)
Сплавы твердые спеченные (ГОСТ 3882—74) *	Группа ВК — вольфрамовые; цифра после буквы К означает содержание кобальта в процентах. Группа Т — титановольфрамовые; цифра после Т означает содержание карбида титана. Группа ТТ — титанотанталовольфрамовые; цифра после Т указывает суммарное содержание карбидов титана и тантала

3. Условные обозначения видов термической обработки

Вид обработки	Обозначение	Вид обработки	Обозначение	Вид обработки	Обозначение
Отжиг	О	Закалка с охлаждением в масле на твердость *HRC* 46—50	М48	Цементация и закалка с охлаждением в воде на твердость *HRC* 46—50	Ц-В48
Нормализация	Н	Закалка изотермическая на твердость *HRC* 46—50	ИЗ048	Цементация и закалка с нагревом ТВЧ на твердость *HRC* 46—50	Ц-ТВЧ48
Улучшение	У	Закалка с нагревом ТВЧ на твердость *HRC* 46—50	ТВЧ48	Жидкостная цементация	ЦЖ
Закалка с охлаждением в воде на твердость *HRC* 30—40	В35	Цементация и закалка с охлаждением в масле на твердость *HRC* 46—50	Ц-М48	Азотирование на твердость *HRC* 46—50	АТ48

Маркировка сортовой стали и твердых сплавов. На каждой штанге стали с погонной массой более 20 кг должна быть поставлена марка стали. На штангах с погонной массой до 20 кг клейма ставят на прикрепляемых к связкам стали бирках (пластинках). Применяют также окраску торцов или концов прутков или целых пакетов (табл. 4).

4. Цвета краски материалов различных групп

Группа	Цвет краски
Сталь обыкновенного качества	
Ст0; ВСТ0, БСт0	Красный и зеленый
Ст1; ВСт1кп	Белый и черный
Ст2; ВСт2кп	Желтый
Ст3; ВСт3кп; ВСт3; БСт3кп; БСт3	Красный
Ст4; ВСт4кп; ВСт4; БСт4кп; БСт4	Черный
Ст5; ВСт5	Зеленый
Для подгруппы В дополнительно	Алюминисвый
Сталь углеродистая качественная	
08; 10; 15; 20	Белый
25; 30; 35; 40	Белый и желтый
45; 50; 55; 60	Белый и коричневый
Сталь легированная конструкционная	
Хромистая	Зеленый и желтый
Хромомолибденовая	Зеленый и фиолетовый
Хромованадиевая	Зеленый и черный

Продолжение табл. 4

Группа	Цвет краски
Марганцовистая	Корнчневый и синий
Хромомарганцовая	Синий и черный
Хромокремнистая	Синий и красный
Хромокремнемарганцовая	Красный и фиолетовый
Никельмолибденовая	Желтый и фиолетовый
Хромоникелевая	Желтый и черный
Хромоникелемолибденовая	Фиолетовый и черный
Хромоалюмнниевая	Алюминиевый
Сталь коррозионностойкая	
Хромистая	Алюминневый и черный
Хромоникелевая	Алюминиевый и красный
Хромотитановая	Алюминиевый и желтый
Хромоникелекремнистая	Алюминиевый и зеленый
Хромоникелетнтановая	Алюминиевый и синий
Хромоникелениобиевая	Алюминиевый и белый
Хромомарганценикелевая	Алюминиевый и коричневый
Хромоникелемолибденотнтаиовая	Алюминиевый и фиолетовый
Сталь быстрорежущая	
Р18	Бронзовый и красный
Р9	Бронзовый
Твердые металлокерамические сплавы	
ВК2	Черный с белой полосой
ВК3-М	Черный с оранжевой полосой
ВК4	Оранжевый
ВК6	Синий
ВК6-М	Синий с белой полосой
ВК6-В	Фиолетовый
ВК8	Красный
ВК8-В	Красный с синей полосой
ВК10	Красный с белой полосой
ВК15	Белый
Т15К6	Зеленый
Т30К4	Голубой

Марку стали по искре определяют по табл. 5, а цвета каления и побежалости стали соответственно по табл. 6—8.

5. Определение маркн стали по искре

Сталь	Цвет и характеристика пучка искр
Низкоуглеродистая нелегированная (до 0,15% С)	Короткий темно-желтый пучок искр, принимающих форму полосок и становящихся более светлымн в зоне сгорания; мало звездообразных разветвлений
Среднеуглеродистая нелегированная (0,15—1,0% С)	При повышенни содержания углерода образуется более плотный и более светлый желтый пучок искр с многочисленными звездочками и ответвлениями лучей

Продолжение табл. 5

Сталь	Цвет и характеристика пучка искр
Высокоуглеродистая нелегированная (св. 1,0% С)	Очень плотный желтый пучок искр с многочисленнымн звездочкамн. При увелнчении содержания углерода уменьшается яркость и укорачивается пучок искр
Нелегированная с повышенным содержанием марганца	Шнрокий плотный ярко-желтый пучок искр; внешняя зона линий нскр особенно яркая. Многочисленные разветвления лучей
Марганцовистая (12% Mn)	Преобладание зонтообразных искр
Конструкционная (до 5% Ni)	Яркне желтые линии искр в виде язычков, расщепленные на конце; увеличение яркости в зоне сгорания. При повышенин содержания углерода на концах искр появляются звездочки
Хромистая с низким содержанием углерода и высоким содержанием хрома	Короткий темно-красный пучок искр без звездочек, слаборазветвленный; нскры прилипают к поверхностн шлифовального круга
Нникелевая высоколегированная	При содержании 35% Ni красно-желтое окрашнванне пучка. При более высоком содержании ннкеля (около 47%) яркость искр значительно ослабевает
Хромоникелевая	Желто-красные искры с более яркими полосами в зоне сгорания. При повышенном содержанни хрома н никеля пучок искр более темный
Вольфрамовая	Красные короткие нскры; лнии искр отчетливо изгибаются книзу. Разветвление звездочек углерода отсутствует. Чем выше содержание вольфрама, тем слабее образование нскр
Молибденовая	Ярко-желтые искры в виде язычков. При низком содержании кремння язычки видны перед звездочкамн углерода; при повышенном содержании — за звездочками углерода

6. Цвета каления стали

Температура, °С	Цвет каления	Температура, °С	Цвет каления
550—580	Темно-корнчневый	830—900	Светло-красный
580—650	Коричнево-красный	900—1050	Оранжевый
650—730	Темно-красный	1050—1150	Темно-желтый
730—770	Темно-вншневый-красный	1150—1250	Светло-желтый
770—800	Вншнево-красный	1250—1300	Ярко-желтый
800—830	Светло-вишнево-красный		

7. Цвета побежалости углеродистой стали

Температура, °С	Цвет побежалости	Температура, °С	Цвет побежалости
220	Светло-желтый	285	Фиолетовый
240	Темно-желтый	295	Васильково-синий
255	Коричнево-желтый	314	Светло-синий
265	Коричнево-красный	330	Серый
275	Пурпурно-красный		

8. Цвета побежалости коррозионностойких сталей и жаропрочных сплавов

Температура, °С	Цвет побежалости		
	12Х18Н9Т	ХН75МБТЮ	ХН77ТЮР
300	Светло-соломенный	—	—
400	Соломенный	Светло-желтый	—
500	Красновато-коричневый	Желтый	Светло-соломенный
600	Фиолетово-синий	Коричневый	Фиолетовый
700	Синий	Синий	Синий
800	—	Голубой	Голубой

ЧУГУН

Чугун (табл. 9—12) — сплав железа с углеродом (более 2 % С), разделяют на нелегированный и легированный, содержащий хром, никель, марганец и другие легирующие элементы.

По структуре различают белый чугун с (белым изломом), в котором углерод находится в виде цементита, и серый чугун (с серым изломом), в котором углерод находится в основном в форме графита. Серый чугун подразделяют на серый литейный, высокопрочный ковкий, жаростойкий, жаропрочный, коррозионностойкий и антифрикционный.

9. Основные свойства серого литейного чугуна и применение

Марка	$\sigma_и$, кгс/мм²	*НВ*	Примечание
Серый чугун с пластинчатым графитом (ГОСТ 1412—79)			
СЧ 10	28	143—229	Малоответственные отливки с толщиной стенок до 15 мм (корпусы, крышки, кожухи и др.)
СЧ 15	32	163—229	Малоответственные отливки с толщиной стенок 10—30 мм (трубы, корпусы клапанов, вентили при давлении до 200 кгс/см² и др.)
СЧ 18	36	170—229	Ответственные отливки с толщиной стенок 10—20 мм (шкивы, зубчатые колеса, станины, суппорты и др.)
СЧ 20	40	170—241	Ответственные отливки с толщиной стенок до 30 мм (блоки цилиндров, поршни, тормозные барабаны, каретки и др.)
СЧ 25	46	180—250	Ответственные отливки с толщиной стенок до 40 мм (кокильные формы, поршневые кольца и др.)
СЧ 30	50	181—255	Ответственные отливки с толщиной стенок до 60 мм (поршни, гильзы дизелей, рамы, штампы и др.)
СЧ 35	55	197—269	Ответственные высоконагруженные отливки с толщиной стенок до 100 мм (малые коленчатые валы, детали паровых двигателей и др.)
СЧ 40	60	207—285	Наиболее ответственные тяжелонагруженные отливки с массивными стенками (крупные коленчатые валы, зубчатые колеса, клапаны, кулачки и др.)
СЧ 45	65	229—289	

10. Механические свойства и применение ковкого чугуна (ГОСТ 1215—79)

Марка	*НВ*	Применение
КЧ 30—6	163	В основном для небольших отливок, работающих в условиях динамических нагрузок (детали в автомобильной, тракторной и сельскохозяйственной промышленности).
КЧ 33—8	163	
КЧ 35—10	163	
КЧ 37—12	163	
КЧ 45—7	207	Ограниченное применение обусловлено сложностью изготовления отливок, длительностью термической обработки, ограниченными допускаемыми размерами сечений (не более 30—40 мм)
КЧ 50—5	230	
КЧ 55—4	241	
КЧ 60—3	269	
КЧ 65—3	269	

11. Механические свойства и применение жаростойкого чугуна (ГОСТ 7769—75)

Марка	$\sigma_в$	$\sigma_и$	*НВ*	Предельная температура эксплуатации в воздушной среде, °С
	кгс/мм²			
Хромистый:				
ЖЧХ	18	36	207—286	550
ЖЧХ2	15	32	207—286	600
ЖЧХ3	—	32	228—364	650
ЖЧХ16	35	70	370—550	1000
Кремнистый с шаровидным графитом ЖЧС5Ш	30	—	228—300	900
Алюминиевый с пластинчатым графитом ЖЧЮ22	12	24	140—286	1000
Алюминиевый с шаровидным графитом ЖЧЮШ	30	40	241—364	1100

12. Механические свойства и применение коррозионностойких и жаропрочных чугунов (ГОСТ 11849—76)

Марка	$\sigma_в$	$\sigma_и$	δ, %	*НВ*	Примечание
	кгс/см²				
ЧНХТ	24	44	—	201—286	Для деталей двигателей внутреннего сгорания, газомоторных компрессоров, деталей машин целлюлозно-бумажного производства, работающих в условиях повышенного износа, газовых сред и водных растворов
ЧН1ХМД	30	70	—	201—286	Для деталей аналогичного типа, работающих в условиях повышенного износа и газовой коррозии (продукты сгорания топлива, технический кислород и др.)
ЧН1МШ	50	—	1,5	183—286	Для деталей аналогичного типа, но с повышенными механическими свойствами и термостойкостью при температуре до 500° С
ЧН15Д7Х2	18	36	1,5	120—200	Для деталей с высокой коррозионной стойкостью, работающих в щелочах, слабых растворах кислот, серной кислоте, морской воде, в среде перегретого пара
ЧН15Д3ХШ	35	—	4,0	120—255	

СТАЛЬ

Сталью называют сплав железа с углеродом (до 2 % С). По химическому составу сталь разделяют на углеродистую и легированную, а по качеству — на сталь обыкновенного качества, качественную, повышенного качества и высококачественную.

1. Сталь углеродистую обыкновенного качества (ГОСТ 380—71) (табл. 13, 16) подразделяют на три группы: *А* — поставляемую по механическим свойствам и применяемую в основном тогда, когда изделия из нее не подвергают горячей обработке (сварка, ковка и др.), которая может изменить регламентируемые механические свойства (Ст0; Ст1 и др.); Б — поставляемую по химическому составу и применяемую для деталей, подвергаемых такой обработке, при которой механические свойства меняются, а уровень их кроме условий обработки определяется химическим составом (БСт0, БСт1 и др.); В — поставляемую по механическим свойствам и химическому составу для деталей, подвергаемых сварке (ВСт1, ВСт2 и др.).

13. Механические свойства углеродистой стали обыкновенного качества группы А (ГОСТ 380—71)

Марка	$\sigma_в$ кгс/мм²	$\sigma_т$ кгс/мм²	δ_5, %	Марка	$\sigma_в$ кгс/мм²	$\sigma_т$ кгс/мм²	δ_5, %
Ст0	31	—	23	Ст3пс	38—50	25	26
Ст1кп	31—40	—	35	Ст3Гпс	38—50	25	26
Ст1пс	32—42	—	34	Ст4кп	41—55	26	25
Ст1Гпс	32—43	—	34	Ст4Гпс	42—55	27	24
Ст2кп	33—42	22	33	Ст5сп	50—64	29	20
Ст2сп	34—44	23	32	Ст5Гпс	46—60	29	20
Ст2Гпс	34—45	23	32	Ст6пс	60	32	15
Ст3кп	37—47	24	27				

14. Категории углеродистой качественной конструкционной стали

Категория	Требования к испытанию механических свойств	Сталь
1	Без испытания механических свойств на растяжение и ударную вязкость	Горячекатаная, кованая, калиброванная, серебрянка
2	С испытанием механических свойств на растяжение и ударную вязкость на образцах, изготовленных из нормализованных заготовок размером 25 мм (диаметр или сторона квадрата)	То же
3	С испытанием механических свойств на растяжение на образцах, изготовленных из нормализованных заготовок указанного в заказе размера, но не более 100 мм	Горячекатаная, кованая, калиброванная
4	С испытанием механических свойств на растяжение и ударную вязкость на образцах, изготовленных из термически обработанных (закалка + отпуск) заготовок указанного в заказе размера, но не более 100 мм	То же
5	С испытанием механических свойств на растяжение на образцах, изготовленных из сталей в нагартованном или термически обработанном состоянии (отожженной или высокоотпущенной)	Калиброванная

15. Механические, физические и технологические свойства конструкционных сталей

Марка	Механические свойства: $\sigma_т$ кгс/мм²	$\sigma_в$ кгс/мм²	δ_5, %	$a_н$, кгс·м/см²	*НВ*	Физические свойства: γ, г/см³	λ, кал/(см·с·°С)	$\alpha \cdot 10^6$, 1/°С	Технологические свойства: Обрабатываемость резанием	Свариваемость	Интервал температур ковки, °С	Пластичность при холодной обработке
08	20	33	33	—	131 *1	7,83	0,193	11,6	В	ВВ	800—1300	ВВ
10	21	34	31	—	143 *1	7,83	0,193	11,6	»	»	800—1300	»
15	23	38	27	5,5—6,5	149 *1	7,82	0,185	11,9	»	»	800—1250	»
20	25	42	25	5,0—5,5	163 *1	7,82	0,186	11,1	»	»	800—1280	В
25	28	46	23	9	170 *1	7,82	0,18	11,1	»	»	800—1280	»
30	30	50	21	8	179 *1	7,817	0,18	12,6	»	В	800—1250	»
35	32	54	20	7	207 *1	7,817	0,18	11,09	»	»	800—1250	»
40	34	58	19	6	187 *2	7,815	0,142	12,4	»	У	800—1250	У
45	36	61	16	5	197 *2	7,814	0,162	11,649	»	»	800—1250	»
50	38	64	14	4	207 *2	7,811	0,162	12,0	У	»	800—1250	»
55	39	66	13	—	217 *2	7,82	0,162	11,0	»	Н	800—1250	Н
60	41	69	12	—	229 *2	7,80	1,61	11,1	»	»	800—1240	»

*1 Для горячекатаной стали. *2 Для отожженной стали.

Примечание. Обозначения: Н — низкая; У — удовлетворительная; В — высокая; ВВ — весьма высокая.

2. Сталь углеродистая качественная конструкционная (ГОСТ 1050—74**) по видам обработки при поставке делится на горячекатаную и кованую, калиброванную, круглую со специальной отделкой поверхности — серебрянку. По требованиям к испытанию механических свойств сталь подразделяют на пять категорий (табл. 14). Основные свойства и применение этих сталей приведены в табл. 15—17.

16. Примерное назначение углеродистой стали обыкновенного качества

Марка	Назначение
Ст0	Неответственные строительные конструкции, прокладки, шайбы, кожухи. Свариваемость хорошая
Ст1	Малонагруженные детали металлоконструкций — заклепки, шайбы, шплинты, прокладки, кожухи. Свариваемость хорошая
Ст2	Детали металлоконструкций — рамы, оси, ключи, валики, цементируемые детали. Свариваемость хорошая
Ст3	Рамы тележек, цементируемые и цианируемые детали, от которых требуется высокая твердость поверхности и невысокая прочность сердцевины, крюки кранов, кольца, цилиндры, шатуны, крышки
Ст4	Валы, оси, пальцы, тяги, крюки, болты, гайки, детали при невысоких требованиях к прочности
Ст5	Валы, оси, звездочки, крепежные детали, зубчатые колеса, шатуны, детали при повышенных требованиях к прочности
Ст6	Валы, оси, бойки молотов, шпиндели, муфты кулачковые и фрикционные, цепи, детали с высокой прочностью

17. Примерное назначение углеродистой качественной конструкционной стали

Марка	Назначение
08кп, 10	Детали, изготовляемые холодной штамповкой и холодной высадкой, трубки, прокладки, крепеж, колпачки. Цементируемые и цианируемые детали, не требующие высокой прочности сердцевины (втулки, валики, упоры, копиры, зубчатые колеса, фрикционные диски)
15, 20	Малонагруженные детали (валики, пальцы, упоры, копиры, оси, шестерни). Тонкие детали, работающие на истирание, рычаги, крюки, траверсы, вкладыши, болты, стяжки и др.
30, 35	Детали, испытывающие небольшие напряжения (оси, шпиндели, звездочки, тяги, траверсы, рычаги, диски, валы)
40, 45	Детали, от которых требуется повышенная прочность, подвергаемых термической обработке (коленчатые валы, шатуны, зубчатые венцы, распределительные валы, маховики, зубчатые колеса, шпильки, храповики, плунжеры, шпиндели, фрикционные диски, оси, муфты, зубчатые рейки, прокатные валки и др.
50, 55	Зубчатые колеса, прокатные валки, штоки, бандажи, валы, эксцентрики, малонагруженные пружины и рессоры и др. Применяют после закалки с высоким отпуском и в нормализованном состоянии
60	Детали с высокими прочностными и упругими свойствами (прокатные валки, эксцентрики, шпиндели, пружинные кольца, пружины и диски сцепления, пружины амортизаторов). Применяют после закалки или после нормализации (крупные детали)

Легированную сталь (табл. 18—29) по степени легирования разделяют на низколегированную (легирующих элементов до 2,5 %); среднелегированную (от 2,5 до 10 %), высоколегированную (от 10 до 50 %). В зависимости от основных легирующих элементов различают сталь 14 групп. К высоколегированным относят:

I. коррозионностойкие (нержавеющие) стали и сплавы, обладающие стойкостью против электрохимической и химической коррозии; межкристаллитной коррозии, коррозии под напряжением и др.;

II. жаростойкие (окалиностойкие) стали и сплавы, обладающие стойкостью против химического разрушения в газовых средах при температуре выше 50 °С, работающие в ненагруженном и слабонагруженном состоянии;

III. жаропрочные стали и сплавы, работающие в нагруженном состоянии при высоких температурах в течение определенного времени и обладающие при этом достаточной жаростойкостью.

18. Механические характеристики низколегированной конструкционной стали (ГОСТ 19281—73)

Марка	$\sigma_в$	$\sigma_т$	δ, %	Марка	$\sigma_в$	$\sigma_т$	δ, %
	кгс/мм²				кгс/мм²		
12ГС	47	32	26	17ГС	52	36	23
15ХСНД	50	35	21	09Г2Д	45	30—31	21
09Г2	45	31	21	10Г2С1	44—50	30—36	21
14Г2	47	34	21	15ГФ	52	38	21
18Г2АФпс	60	45	19	14ХГС	50	35	22
12ГС	47	32	26	15ХСНД	50	35	21
16ГС	50	33	21	10ХСНД	54	40	19

19. Механические и технологические свойства легированных конструкционных сталей (ГОСТ 4543—71)

Марка	Механические свойства					Технологические свойства		
	$\sigma_т$	$\sigma_в$	δ, %	$a_н$, кгс·м/см²	*НВ*	Обрабатываемость резанием	Свариваемость	Пластичность при холодной обработке
	кгс/мм²							
Хромистые стали								
15Х	50	70	12	7	179	В	В	В
20Х	65	80	11	6	179	В	В	У
30Х	70	90	12	7	187	В	У	У
35Х	75	93	11	7	197	В	У	У
38ХА	80	95	12	6	207	В	У	У
40Х	80	100	10	6	217	В	У	У
45Х	85	105	9	5	229	В	Н	Н
50Х	90	110	9	4	229	В	Н	Н
30ХРА	130	160	9	5	241	В	У	У
Марганцовистые стали								
10Г2	25	43	22	—	197	У	В	В
35Г2	37	63	13	8	207	У	Н	У
40Г2	39	67	12	8	217	У	Н	Н
45Г2	41	70	11	7	229	У	Н	Н
50Г2	43	75	11	7	229	У	Н	Н

Продолжение табл. 19

Марка	Механические свойства					Технологические свойства		
	$\sigma_т$ кгс/мм²	$\sigma_в$ кгс/мм²	δ, %	$a_н$, кгс·м/см²	HB	Обрабатываемость резанием	Свариваемость	Пластичность при холодной обработке
Хромомарганцовистые стали								
18ХГ	75	90	10	—	187	—	—	—
18ХГТ	90	100	9	8	217	—	—	—
20ХГР	80	100	9	8	197	В	Н	У
30ХГТ	130	150	9	6	229	—	—	—
40ХГТР	85	100	11	8	229	В	Н	Н
25ХГТ	100	130	10	7	217	У	Н	У
27ХГР	120	140	8	6	217	—	—	—
Хромокремнистые стали								
33ХС	70	90	13	8	241	У	Н	Н
38ХС	75	95	12	7	255	У	Н	Н
40ХС	110	125	12	5	255	У	Н	Н
Хромомолибденовые и хромомолибденованадиевые стали								
15ХМ	28	45	21	12	179	—	В	В
30ХМ	75	95	11	8	229	В	Н	У
35ХМ	85	95	11	8	241	В	Н	У
40ХМАФА	95	105	13	9	269	В	Н	У
38ХМ	90	100	11	7	241	В	—	—
Хромованадиевые стали								
15ХФ	55	75	13	8	187	У	У	У
40ХФА	75	90	10	9	241	—	Н	У
Никельмолибденовые стали								
15Н2М	65	85	11	8	197	—	—	—
20Н2М	70	90	10	8	—	—	—	—
Хромоникелевые стали								
20ХН	60	80	14	8	197	В	У	У
40ХН	80	100	11	7	207	У	Н	У
45ХН	85	105	10	7	207	В	Н	Н
50ХН	90	110	9	5	207	В	Н	Н
12ХН2	60	80	12	9	207	В	У	У
12ХН3А	70	95	11	9	217	В	У	У
20ХН3А	75	95	12	11	255	В	У	У
30ХН3А	80	100	10	8	269	В	Н	Н
12Х2Н4А	95	115	10	9	241	В	У	У
20Х2Н4А	110	130	9	8	269	В	У	У
Хромокремнемарганцовые и хромокремниемарганцовоникелевые стали								
20ХГСА	65	80	12	7	207	В	В	В
25ХГСА	85	110	10	6	217	В	В	В
30ХГС	85	110	10	4,5	229	У	В	У
30ХГСА	85	110	10	5	229	У	В	У
30ХГСН2А	140	165	9	6	255	—	—	—
Хромомарганцовоникелевые стали								
15ХГН2ТА	75	95	11	10	269	—	—	—
20ХГНТР	100	120	10	9	197	—	—	—
20ХГНР	110	130	10	9	—	—	—	—

Продолжение табл. 19

Марка	Механические свойства					Технологические свойства		
	$\sigma_т$ кгс/мм²	$\sigma_в$ кгс/мм²	δ, %	$a_н$, кгс·м/см²	HB	Обрабатываемость резанием	Свариваемость	Пластичность при холодной обработке
Хромоникельмолибденовые стали								
40ХН2МА	95	110	12	8	269	В	Н	Н
30ХН2МА	80	100	10	8	241	—	—	—
38Х2Н2МА	95	110	12	8	269	—	—	—
18Х2Н4МА	85	115	12	10	269	У	У	Н
25Х2Н4МА	95	110	11	9	—	—	—	—
Хромоалюминиевые стали								
38Х2Ю	75	90	10	8	229	—	—	—
38Х2МЮА	85	100	14	9	229	—	—	—
Высокоуглеродистые хромистые подшипниковые стали (ГОСТ 801—78)								
ШХ4	—	—	—	—	107—207	—	—	—
ШХ15	42	73	21	4,5	179—207	У	Н	У
ШХ15СГ	42	73	15—25	4,5	170—207	У	Н	У
Стали конструкционные повышенной и высокой обрабатываемости резанием *1 (ГОСТ 1414—75)								
А12	29 / —	45—57 / 52—80	22 / 7	—	160 / 167—217	ВВ	В	У
А20	—	46—61 / 54—80	20 / 7	—	168 / 167—217	В	—	—
А30	—	52—61 / 55—84	15 / 6	—	185 / 174—223	В	—	—
А40Г	—	60—75 / 60—80	14 / 17	—	207 / 179—229	В	—	—
Коррозионностойкие стали (ГОСТ 5632—72)								
12Х13	42	60	20	9	116—179	У	Н	В
20Х13	45	66	16	8	126—197	У	Н	У
08Х13	30	43	23	7	—	У	Н	Н
20Х23Н13	—	58	35	7	—	—	—	—
12Х18Н9	22	54	38	—	—	У	У	У
17Х18Н9	27	60	35	—	—	Н	В	В
12Х18Н9Т	22	54	38	—	140—170	Н	В	В
12Х18Н10Т	24	54	38	—	—	Н	В	У
Углеродистые инструментальные стали (ГОСТ 1435—74)								
У7А	—	63	21	—	187	—	—	—
У8А	—	60	—	—	187	—	—	—
У10А	—	60	23	—	197	—	—	—
У11А	—	—	—	—	207	—	—	—
У12А	—	65	28	—	207	—	—	—
У13А	—	—	—	—	207	—	—	—

*1 В числителе данные для горячекатаной, а в знаменателе — для холоднотянутой стали.

Примечание. Условные обозначения те же, что и в табл. 15.

20. Свойства и рекомендуемые режимы термической обработки рессорно-пружинной стали (ГОСТ 14959—79)

Марка	Температура, °С		$\sigma_т$	$\sigma_в$	δ	ψ	Температура ковки, °С	
	закалки	отпуска	кгс/мм²		%		начала	конца
55ГС	820	480	80	100	8	30	—	—
50С2 *1	870	460	120	130	6	30	1200	850
55С2 *1	870	460	120	130	6	30	1200	800
60С2	870	460	120	130	6	25	—	—
60С2А	870	420	140	160	6	20	1200	800
50ХГ	840	440	110	130	7	35	1200	850
50ХГА	840	440	120	130	7	35	1200	850
55ХГР	830	450	125	140	5	30	—	—
50ХФА	850	520	110	130	8	35	—	—
50ХГФА	850	520	120	130	6	35	1200	900
60С2ХФА	850	410	170	130	5	20	1200	850
50ХСА	850	520	120	135	6	30	—	—
65С2ВА	850	420	170	190	5	20	—	—
60С2Н2А	880	420	160	175	6	20	1150	850
60С2ХА	870	420	160	180	6	20	—	—
60СГА	860	460	140	160	6	25	—	—

*1 Закалочная среда масло или вода, для остальных масло.

Примечание. Коррозионная стойкость всех сталей низкая.

Электротехническую тонколистовую сталь (табл. 21) разделяют: а) по структурному состоянию и виду прокатки на классы: 1 — горячекатаная изотропная; 2 — холоднокатаная изотропная; 3 — холоднокатаная анизотропная с ребровой текстурой; б) по содержанию кремния: 0 — до 0,4 %; 1 — св. 0,4 до 0,8 %; 2 — св. 0,8 до 1,8 %; 3 — св. 1,8 до 2,8%; 4 — св. 2,8 до 3,8 %; 5 — св. 3,8 до 4,8 %; химический состав стали не нормируется; в) по основной нормируемой характеристике на группы: 0 — удельные потери при магнитной индукции 1,7 Тл и частоте 50 Гц ($P_{1,7/50}$); 1 — удельные потери при магнитной индукции 1,5 Тл и частоте 50 Гц ($P_{1,5/50}$); 2 — удельные потери при магнитной индукции 1,0 Тл и частоте 400 Гц ($P_{1,0/400}$); 6 — магнитная индукция в слабых магнитных полях при напряженности поля 0,4 А/м ($B_{0,4}$); 7 — магнитная индукция в средних магнитных полях при напряженности поля 10 А/м (B_{10}).

21. Магнитные свойства электротехнических сталей (ГОСТ 21427.0—75 ÷ ГОСТ 21427.3—75)

Марка	Толщина листа, мм	Удельные потери, Вт/кг, не более		Магнитная индукция, Тл, при напряженности магнитного поля, А/м, не менее				
		$P_{1,0/50}$	$P_{1,5/50}$	1000	2500	5000	10 000	30 000
1211	1,00	5,8	13,4	—	1,53	1,63	1,76	2,00
	0,50	3,3	7,7	—	1,53	1,64	1,76	2,00
1311	0,50	2,5	6,1	—	1,48	1,59	1,73	1,95
	0,50	2,2	5,3	—	1,48	1,59	1,73	1,95

Продолжение табл. 21

Марка	Толщина листа, мм	Удельные потери, Вт/кг, не более		Магнитная индукция, Тл, при напряженности магнитного поля, А/м, не менее				
		$P_{1,0/50}$	$P_{1,5/50}$	1000	2500	5000	10 000	30 000
1413	0,50	1,55	3,5	—	1,48	1,59	1,73	1,94
	0,35	1,35	3,0	—	1,48	1,59	1,73	1,94
1514	0,50	1,15	2,7	1,29	1,44	1,55	1,69	1,89
	0,35	0,90	2,2	1,29	1,44	1,55	1,69	1,89
2011	0,65	3,8	9,0	1,48	1,6	1,7	1,8	2,02
	0,50	3,5	8,0	1,49	1,6	1,7	1,8	
2111	0,65	4,3	10,0	1,45	1,58	1,66	1,75	2,00
	0,50	3,5	8,0	1,46	1,58	1,67	1,78	2,00
2212	0,65	2,6	6,3	1,42	1,58	1,67	1,77	2,00
	0,50	2,2	5,0	1,42	1,68	1,68	1,77	2,00
2311	0,65	3,0	7,0	1,40	1,56	1,65	1,73	1,96
	0,50	2,6	5,8	1,40	1,56	1,65	1,76	2,00
2412	0,50	1,30	3,1	1,35	1,50	1,60	1,76	1,95
	0,35	1,15	2,5	1,35	1,50	1,60	1,70	1,95
3411	0,50	2,45	3,20	—	1,75	—	—	—
	0,35	1,75	2,50	—	1,75	—	—	—
3412	0,50	2,10	2,80	—	1,85	—	—	—
	0,35	1,50	2,20	—	1,85	—	—	—
3416	0,28	0,95	1,38	—	1,90	—	—	—
	0,28	0,89	1,30	—	1,90	—	—	—

22. Примерное назначение низколегированной конструкционной универсальной стали (ГОСТ 19282—73)

Марка	Назначение
09Г2	Для деталей сварных конструкций, изготовляемых из листов. Обрабатывается резанием удовлетворительно
09Г2С, 10Г2С1	Для паровых котлов, аппаратов и емкостей, работающих под давлением при температуре —70 ÷ +450° С, для ответственных листовых сварных конструкций, в химическом и нефтяном машиностроении, судостроении. Хорошо свариваются. Обрабатываются резанием удовлетворительно
10ХСНД	Для сварных конструкций химического машиностроения, фасонных профилей в судостроении, вагоностроении
15ХСНД	Для деталей вагонов, строительных свай, сложных профилей в судостроении. Обладает повышенной коррозионной стойкостью
15ГФ	Для листовых сварных конструкций в вагоностроении. Обеспечивает высокое качество сварного шва. Штампуемость удовлетворительная

Сталь легированную конструкционную в зависимости от химического состава и свойств делят на качественную, высококачественную А, особовысококачественную Ш (электрошлакового переплава). По видам обработки при поставке различают сталь горячекатаную, кованую, калиброванную, серебрянку. По назначению изготовляют прокат: а) для горячей обработки давлением и холодного волочения (подкат); б) для холодной механической обработки.

23. Примерное назначение легированной конструкционной стали

Марка	Назначение
15Х	Пальцы поршневые, валы распределительные, толкатели, крестовины карданов, клапаны, мелкие детали, работающие в условиях износа при трении. Хорошо цементуется
20Х	Кулачковые муфты, втулки, шпиндели, направляющие планки, плунжеры, оправки, копиры, шлицевые валики и др.
40Х	Для деталей, работающих на средних скоростях при средних давлениях (зубчатые колеса, шпиндели и валы в подшипниках качения, червячные валы)
45Х, 50Х	Для крупных деталей, работающих на средних скоростях при небольших давлениях (зубчатые колеса, шпиндели, валы в подшипниках качения, червячные и шлицевые валы). Обладают высокой прочностью и вязкостью
38ХА	Для шестерен, работающих на средних скоростях при средних давлениях
45Г2, 50Г2	Для крупных малонагруженных деталей (шпиндели, валы, зубчатые колеса тяжелых станков)
18ХГТ	Для деталей, работающих на больших скоростях при высоких давлениях и ударных нагрузках (зубчатые колеса, шпиндели, кулачковые муфты, втулки и др.)
20ХГР	Для тяжелонагруженных деталей, работающих при больших скоростях и ударных нагрузках
15ХФ	Для некрупных деталей, подвергаемых цементации и закалке с низким отпуском (зубчатые колеса, поршневые пальцы и др.)
40ХС	Для мелких деталей высокой прочности
40ХФА, 30ХГС	Для ответственных высокопрочных деталей, подвергаемых закалке и высокому отпуску; для средних и мелких деталей сложной конфигурации, работающих в условиях износа (рычаги, толкатели); для ответственных сварных конструкций, работающих при знакопеременных нагрузках
35ХМ	Для валов, деталей турбин и крепежа, работающих при повышенной температуре
45ХН, 50ХН	Аналогично применению стали 40Х, но для деталей больших размеров

24. Примерное назначение коррозионностойких сталей и сплавов (ГОСТ 5632—72)

Марка	Назначение
20Х13, 08Х13, 12Х13, 25Х13Н2	Для деталей с повышенной пластичностью, подвергающимся ударным нагрузкам; деталей, работающих в слабо агрессивных средах
30Х13, 40Х13 08Х18Т1	Для деталей с повышенной твердостью [режущий, измерительный, хирургический инструмент, клапанные пластины компрессоров и др. (у стали 08Х18Т1 лучше штампуемость)]
06ХН28МТ	Для сварных конструкций, работающих в среднеагрессивных средах (горячая фосфорная кислота, серная кислота до 10% и др.)
14Х17Н2	Для различных деталей химической и авиационной промышленности. Сталь обладает высокими технологическими свойствами
95Х18	Для деталей высокой твердости, работающих в условиях износа
08Х17Т	Рекомендуется в качестве заменителя стали 12Х18Н10Т для конструкций, не подвергающихся ударным воздействиям, а при температуре эксплуатации не ниже —20° С

Продолжение табл. 24

Марка	Назначение
15Х25Т, 15Х28	Аналогично стали 08Х17Т, но для деталей, работающих в более агрессивных средах при температурах от —20 до 400° С (15Х28 — для спаев со стеклом)
20Х13Н4Г9, 10Х14АГ15, 10Х14Г14Н3	Заменитель сталей 12Х18Н9, 17Х18Н9 для конструкций с точечной сваркой
09Х15Н8Ю, 07Х16Н6	Для высокопрочных изделий, упругих элементов; сталь 09Х15Н8Ю — для уксуснокислых и солевых сред
08Х17Н5М3	Для деталей, работающих в сернокислых средах
20Х17Н2	Для высокопрочных тяжелонагруженных деталей, работающих на истирание и удар в слабоагрессивных средах
10Х14Г14Н4Т	Заменитель стали 12Х18Н10Т для деталей, работающих в слабоагрессивных средах, а также при температурах до 196° С
12Х17Г9АН4, 15Х17АГ14	Для деталей, работающих в атмосферных условиях (заменитель сталей 12Х18Н9, 12Х18Н10Т)
03Х16Н15М3Б, 03Х16Н15М3	Для сварных конструкций, работающих в кипящей фосфорной, серной, 10%-ной уксусной кислоте
15Х18Н12С4ТЮ	Для сварных изделий работающих в воздушной и агрессивной средах, в концентрированной азотной кислоте
08Х10Н20Т2	Немагнитная сталь для деталей, работающих в морской воде
04Х18Н10, 03Х18Н11, 03Х18Н12, 08Х18Н10, 12Х18Н9, 12Х18Н12Т, 08Х18Н12Т, 06Х18Н11	Для деталей, работающих в азотной кислоте при повышенных температурах
12Х18Н10Т, 12Х18Н9Т	Для сварных конструкций в разных отраслях промышленности
06ХН28МДТ, 03ХН28МДТ	Для сварных конструкций, работающих при температуре до 80° С в серной кислоте различных концентраций (не рекомендуют 55%-ную уксусную и фосфорную кислоты)
09Х16Н4Б	Для высокопрочных штампосварных конструкций и деталей, работающих в контакте с агрессивными средами
07Х21Г7АН5	Для сварных изделий, работающих при температурах до —253° С и в средах средней агрессивности
03Х21Н21М4ГБ	Для сварных конструкций, работающих в горячей фосфорной кислоте, серной кислоте низких концентраций при температуре не выше 80° С, азотной кислоте при температуре до 95° С
ХН65МВ	Для изготовления сварных конструкций, работающих при высоких температурах в серно- и солянокислых растворах, в уксусной кислоте
Н70МФ	Для сварных конструкций, работающих при высоких температурах в соляной, серной, фосфорной кислотах и других средах восстановительного характера

25. Назначение рессорно-пружинной стали

Марка	Назначение
60СГА	Для рессор толщиной от 3 до 14 мм
55ГС	Для тормозных шин
50С2	Для пружин и рессор в автомобиле- и тракторостроении. Обрабатывается резанием плохо

Продолжение табл. 25

Марка	Назначение
60С2, 60С2А	Для рессор из полосовой стали толщиной от 3 до 16 мм и пружинной ленты толщиной от 0,08 до 3 мм; для витых пружин из проволоки диаметром от 3 до 16 мм. Обрабатываются резанием плохо. Максимальная температура эксплуатации 250° С
70С3А	Для тяжелонагруженных пружин ответственного назначения. Сталь склонна к графитизации
50ХГ, 50ХГА	Для рессор из полосовой стали толщиной от 3 до 18 мм. Обрабатываются резанием плохо
50ХФА, 50ХГФА	Для ответственных пружин и рессор, работающих при повышенной температуре (до 300° С); для пружин, подвергаемых многократным переменным нагрузкам
60С2ХА	Для крупных высоконагруженных пружин и рессор ответственного назначения
60С2Н2А, 65С2ВА, 70С2ХА	Для ответственных высоконагруженных пружин и рессор, изготовляемых из калиброванной стали и пружинной ленты

Примечания: 1. Хромоникелевые и кремненикелевые стали менее склонны к обезуглероживанию. Наилучшее сочетание технологических и эксплуатационных свойств имеет сталь 60С2Н2А.
2. Коррозионная стойкость всех сталей низкая.

26. Примерное назначение инструментальной легированной стали (ГОСТ 5950—73)

Марка	Назначение
7ХФ	Для деревообрабатывающих инструментов и для инструментов, работающих при ударной нагрузке
8ХФ, 9ХФ	Для ножей при холодной резке металлов, обрезных матриц и пуансонов при холодной обрезке заусенцев
11ХФ	Для метчиков и других режущих инструментов диаметром до 30 мм после закалки и охлаждения в горячих средах
13Х	Для хирургического и гравировального инструмента
ХВ4	Для резцов и фрез при обработке с небольшой скоростью резания
9Х1	Для валков холодной прокатки, клейки, пробойников, холодновысадочных матриц, пуансонов
12Х1	Для измерительного инструмента (плиток, калибров, шаблонов)
9ХС	Для сверл, разверток, метчиков, плашек, гребенок, фрез
ХГС	Для валков холодной прокатки, вырубных штампов, холодновысадочных матриц и пуансонов
ХВГ	Для длинных измерительных и режущих инструментов, для которых коробление при закалке недопустимо; для технологической оснастки
9ХВГ	Для резьбовых калибров, шкал, сложных и точных штампов, для холодных работ
ХВСГ	Для круглых плашек, разверток и др.
8Х6НФТ	Для деревообрабатывающих инструментов
8Х4В3М3Ф2	Для вырубного инструмента, ножей, инструмента для холодной пластической деформации
Х6ФВ	Для резьбонакатного инструмента, матриц, пуансонов, зубонакатников, фрез при обработке дерева
Х12, Х12ВМ	Для холодных штампов высокой стойкости против истирания, гибочных и вырубных штампов, волоков, калибровочных глазков

Продолжение табл. 26

Марка	Назначение
Х12М, Х12Ф1	Аналогично стали Х12, но в случаях, когда требуется большая вязкость
7ХГ2ВМ	Для штампов обычного холодного деформирования, вырубного инструмента сложной формы в производстве изделий из малопрочных материалов
6Х6В3МФС	Для инструментов холодной пластической деформации металлов повышенной твердости, резьбо- и зубонакатников, труборазрубочных машин, шарошек и др.
3Х3М3Ф	Для инструмента горячего деформирования литьевых форм для медных сплавов
4Х2В5МФ	Для тяжелонагруженного прессового инструмента при горячем деформировании легированных и жаропрочных сталей
4Х2В2МФС, 5Х3В3МФС	Аналогично стали 4Х2В5МФ, но в тех случаях, когда требуется большая теплостойкость
4ХС	Для зубил, обжимок, ножниц, при горячей и холодной резке металла, штампов горячей вытяжки
6ХС	Для пневматических зубил, рубильных ножей, небольших штампов холодной штамповки
4ХВ2С	Для резьбонакатных плашек, ножей для холодной резки металлов, пуансонов и обжимных матриц
5ХВ2С	Для инструмента горячей высадки крепежа и заготовок из углеродистых и низколегированных сталей, деталей штампов горячего прессования и выдавливания этих материалов
7Х3, 8Х3	Для молотовых штампов с массой падающих частей свыше 3 т, скоростных штампов при горячем деформировании цветных металлов, прессовых штампов
5ХНМ	Аналогично стали 5ХНМ для молотовых штампов
5ХВН, 5ХНВС, 5ХГМ, 4ХМФС	
4Х5МФС	Для мелких молотовых штампов, крупных молотовых и прессовых вставок при горячем деформировании конструкционных сталей и цветных сплавов
4Х5В2ФС, 4Х5МФ1С	Для литьевых форм при изготовлении деталей из цинковых, магниевых и алюминиевых сплавов, молотовых и прессовых вставок для горячего деформирования сталей, инструмента для высадки
4Х3ВМФ	Для мелких молотовых штампов, инструмента высокоскоростной штамповки
4Х4ВМФС	Для литьевых форм при изготовлении деталей из медных сплавов и для инструмента, изготовляемого из сталей 4Х5В2ФС, 4Х5МФ1С, 4Х3ВМФ, когда требуется большая теплостойкость

27. Примерное назначение инструментальной быстрорежущей стали (ГОСТ 19265—73)

Марка	Назначение, технологические свойства
Р18, Р12	Для всех видов режущего инструмента при обработке обычных конструкционных материалов. Шлифуемость удовлетворительная
Р9	Для инструментов простой формы при обработке конструкционных материалов. Шлифуемость пониженная
Р6М3	Для инструментов небольших сечений, а также работающих с ударными нагрузками при обработке конструкционных материалов. Шлифуемость пониженная

Продолжение табл. 27

Марка	Назначение, технологические свойства
Р6М5	Предпочтительно для резьбонарезного инструмента, работающего с ударными нагрузками. Шлифуемость удовлетворительная
Р18Ф2	Для инструмента, применяемого при обработке материалов повышенной прочности и вязкости. Шлифуемость пониженная
Р14Ф4, Р9Ф5	Для инструмента, работающего со снятием небольшой стружки, для обработки материалов обладающих абразивными свойствами в условиях нормального нагрева режущей кромки. Шлифуемость низкая
Р18К5Ф2, Р9М4К8, Р6М5К5	Для обработки высокопрочных коррозионностойких и жаропрочных сталей и сплавов в условиях повышенного нагрева режущей кромки
Р10К5Ф5	Для обработки высокопрочных, коррозионностойких и жаропрочных сталей и сплавов, материалов, обладающих абразивными свойствами в условиях повышенного нагрева режущей кромки. Шлифуемость низкая
Р9К5	Для обработки материалов повышенной твердости и вязкости. Пригодна для работы с ударом. Шлифуемость пониженная
Р9К10	Для обработки коррозионностойких и жаропрочных сталей повышенной твердости и вязкости. Шлифуемость пониженная

28. Назначение конструкционной стали повышенной и высокой обрабатываемости резанием

Марка	Назначение
А12, А20	Для сложнопрофильных мелких деталей, к которым предъявляются повышенные требования по качеству обработанной поверхности (шестерни, винты, гайки, оси, шпильки, кольца). Сталь А20 рекомендуется для деталей, подвергаемых цементации и цианированию
А30, А40Г	Для труднообрабатываемых деталей, работающих при высоких нагрузках

Примечания: 1. Для сварных конструкций сталь не применяют. 2 Коррозионная стойкость всех сталей низкая.

29. Назначение электротехнической тонколистовой стали

Марка	Назначение
1211, 1212, 1213, 22110	Для якорей и полюсов электрических машин постоянного тока, для роторов и статоров асинхронных двигателей промышленной частоты мощностью до 100 кВт, для магнитопроводов приборов. Пластичность высокая
1311, 1312	Для роторов и статоров асинхронных двигателей мощностью от 100 до 400 кВт. Пластичность хорошая
1411, 1412, 2411	Для роторов и статоров асинхронных двигателей мощностью от 400 до 1000 кВт, маломощных силовых трансформаторов, для двигателей повышенной частоты. Пластичность удовлетворительная

ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ

Алюминий и его сплавы. Алюминий — металл плотностью 2,7 г/см³, обладает низким удельным электрическим сопротивлением 0,286 Ом/(мм² · м), теплопроводностью и коррозионной стойкостью. По ГОСТ 11069—74 алюминий выпускают особой чистоты (А999 с 0,001 % примесей), высокой чистоты (А995, А99, А97, А95), технической чистоты (А85, А8, А7, А7Е, А6, А5, А5Е, А0). Кроме того, изготовляют алюминий технический деформируемый (АД0, АД1).

Алюминиевые сплавы делят на деформируемые и литейные.

Деформируемые сплавы (табл. 30, 31) выпускают на основе систем Al—Mn (АМц); Al—Mg (АМг), Al—Mg—Si (АД31 и др.); Al—Cu—Mg (Д1 и др.); Al—Cu—Si—Mg—Mn (АК6, АК8) и др.

30. Физические, механические и технологические свойства алюминиевых деформируемых сплавов (ГОСТ 4784—74)

Марка	Механические свойства				Физические свойства			Технологические свойства		
	$\sigma_в$, кгс/мм²	δ, %	ψ, %	НВ	γ, г/см³	λ, кал/(см · с · °С)	$\alpha \cdot 10^6$, 1/°С	Обрабатываемость резанием	Свариваемость	Пластичность при обработке давлением
АМц (1400)	13	23	70	30	2,73	0,45	24,0	Н	В	ВВ
АМг2 (1520)	19	23	—	45	2,67	0,34	23,8	Н	В	ВВ
АМг3 (1530)	19	15	—	50	2,67	0,35	23,8	У	В	ВВ
АМг5 (1550)	26	22	—	65	2,65	0,28	24,3	Н	У	У
АМг6 (1560)	30	18	—	80	2,63	0,7	24,0	Н	У	Н
АД31 (1310)	24	10	50	80	2,71	0,45	23,4	У*3	У	У
АД33 (1330)	32	10	25	—	2,71	0,34	23,2	У	У	У
Д1*1 (1110)	38	15	30	100	2,8	0,28	22,0	У	У	У
Д16*1 (1160)	45	17	30	105	2,78	0,28	22,7	У	У	У
АК4*2 (1140)	39—43	10	20—25	120	2,8	0,43	22,0	В	У	Н
АК6*2 (1360)	42	13	40	100	2,75	0,42	21,4	В	У	У
АК8*2 (1380)	48	10	25	135	2,8	0,38	25,5	В	У	Н
В95*2 (1950)	46	8	12	150	2,8	0,28	3,6	В	Н	У

*1 Для закаленного и естественно состаренного сплава.
*2 Для закаленного и искусственно состаренного сплава.
*3 Свойства после упрочняющей термической обработки.

31. Примерное назначение алюминиевых деформируемых сплавов (ГОСТ 1131—76, ГОСТ 21488—76, ГОСТ 4784—74)

Марка	Назначение
АД0, АД1	Детали с высокими пластическими свойствами
АМц, АМг1, АМг2, АМг3	Сварные детали, трубопроводы, радиаторы, емкости для жидкости
АД31, АД33 Д1, Д1П	Детали для отделки автомобилей, судов, самолетов, а также ненагруженные детали
Д16	Детали средней прочности, штампованные узлы, заклепки
В95-2	Силовые элементы конструкций, детали каркасов, шпангоуты, тяги управления и пр.
АК4	Детали двигателей
АК4-1	Листы, профили, поковки
АК6; АК8	Детали средне- и сильнонагруженные, изготовляемые обработкой давлением

Литейные алюминиевые сплавы в зависимости от химического состава делят на пять групп (ГОСТ 2685—75):

1) сплавы на основе системы Al—Si (АЛ2, АЛ4, АЛ9, АЛ34 и др.), они отличаются высокими литейными свойствами, удовлетворительной коррозионной стойкостью, могут длительно работать при температурах 150—200 °С;

2) сплавы на основе системы Al—Si—Cu (АЛ3, АЛ5, АЛ32, АК52М и др.) обладают пониженной коррозионной стойкостью; сплавы АЛ3 и АЛ5 отличаются повышенной жаропрочностью (рабочая температура до 270 °С);

3) сплавы на основе системы Al—Mg (АЛ8, АЛ23, АЛ23-1, АЛ27, АЛ27-1, АЛ28) обладают удовлетворительными литейными свойствами, высокой коррозионной стойкостью, хорошо обрабатываются резанием, рабочая температура ниже 100 °С;

4) сплавы на основе системы Al—Cu (АЛ7, АЛ19, АЛ33), обладают пониженными литейными свойствами, хорошей коррозионной стойкостью, хорошо обрабатываются резанием;

5) сплавы на основе сложных систем (АЛ1, АЛ21, АЛ24 и др.), отличаются высокой жаропрочностью, пониженной коррозионной стойкостью.

Основные свойства и примерное назначение алюминиевых литейных сплавов приведены в табл. 32 и 33.

32. Назначение алюминиевых литейных сплавов

Марка	Назначение
АЛ1	Детали средней нагруженности, работающие при повышенных температурах (поршни, головки цилиндродвигателей и др.)
АЛ2	Тонкостенные детали сложной конфигурации, работающие при ударных нагрузках (корпусные детали, рычаги, кронштейны, крышки и др.)
АЛ3	Детали, не несущие больших нагрузок и работающие при повышенных температурах (крышки, кронштейны и др.)
АЛ4	Крупные детали сложной формы, несущие статические и ударные нагрузки (картеры и блоки цилиндров двигателей внутреннего сгорания и т. п.)
АЛ5	Крупные детали, несущие повышенные статические нагрузки (корпусы, блоки, рубашки, головки двигателей внутреннего сгорания и др.)
АЛ7	Небольшие детали простой конфигурации, несущие большие статические нагрузки (кронштейны, упоры, подвески и т. п.)
АЛ8	Детали простой формы, работающие в агрессивных средах и несущие большие нагрузки (арматура, корпусы приборов на морских судах)
АЛ9	Сложнопрофильные нагруженные детали, работающие в агрессивных средах и требующие сварки (корпусы насосов редукторов, картеры двигателей и др.)
АЛ25	Поршни двигателей внутреннего сгорания
АЛ34 (ВАЛ5)	Корпусные детали, работающие под высоким давлением
АЛ27	Детали морских судов
АЛ19	Силовые и клепаные детали, работающие при температурах до 300° С
АЛ33 (ВАЛ1)	Детали, работающие при температуре до 350° С

33. Механические, физические и технологические свойства литейных алюминиевых сплавов

Марка	Механические свойства			Физические свойства			Рекомендуемые методы литья		Свариваемость, способы сварки
	$\sigma_в$, кгс/мм²	δ, %	HB	γ, г/см³	λ, кал/(см·с·°С)	$\alpha \cdot 10^6$, 1/°С	Температура, °С	Способы	
АЛ1	21	1,0	95	2,78	0,40	22,3	690—770	З	Хорошая, Г, А—Д
АЛ2	15	2,0	50	2,64	0,42	21,1	690—760	З, К, Д	Хорошая, Г, А—Д, А—В
АЛ3	17,0	0,5	65	2,70	0,36	22,1	720—750	З, К, Д	Удовлетворительная, Г, А—Д
АЛ4	20,0	1,5	70	2,65	0,38	21,7	700—760	К, Д, З	Удовлетворительная, Г, А—Д
АЛ5	16,0	0,5	65	2,68	0,36	23,1	700—750	З, К, Д	Удовлетворительная, А—Д
АЛ6	15,0	1,0	45	2,70	0,35	22,9	720—750	З, К, Д	—
АЛ7	21,0	6,0	60	2,80	0,33	23,0	700—750	З	Удовлетворительная, Г, А—Д
АЛ8	29,0	9,0	60	2,60	0,20	24,5	680—720	З, К, Д	Удовлетворительная, Г
АЛ9	21,0	2,0	60	2,66	0,36	23,0	690—740	Любые	Хорошая, Г, А—Д
АЛ11	25,0	1,5	90	2,94	—	24,0	680—750	З, К	Хорошая
АЛ13	16,0	1,0	55	2,63	0,25	22,0	680—730	З, К, Д	Удовлетворительная
АЛ34 (ВАЛ5)	30,0	3,0	90	—	—	—	—	З, К	—
АЛ23	22	6,0	60	—	—	—	—	З, Д, К	А—Д
АЛ27	35	15,0	75	—	—	—	—	З, Д, К	А—Д
АЛ19	34	40	90	—	—	—	—	З	Плохая, А—Д

Примечание. Способы литья: З — в песчаную форму; К — в кокиль; Д — под давлением. Способы сварки: Г — газовая; А—Д — аргонно-дуговая; А—В — атомно-водородная.

Медь и ее сплавы. *Медь* отличается высокими теплопроводностью, электропроводностью, коррозионной стойкостью, высокой температурой плавления, хорошо обрабатывается давлением, удовлетворительно — резанием. Широко применяется в электротехнике, машино- и приборостроении. Медь по ГОСТ 859—78 (табл. 34) выпускается в виде катодов, слитков, полос, лент, труб, проволоки, поковок, листов.

34. Марки меди (ГОСТ 859—78)

Марка	Содержание меди, %, не менее	Марка	Содержание меди, %, не менее
М00к	99,99	М1	99,9
М0ку	99,97	М1р	99,9
М0к	99,95	М1ф	99,85
М1к	99,9	М2р	99,7
М00б	99,99	М3р	99,5
М0б	99,97	М2	99,7
М1б	99,95	М3	99,5

Латуни — двойные и многокомпонентные медные сплавы, с основным легирующим элементом — цинком (табл. 35—37). По сравнению с медью они обладают более высокой прочностью и коррозионной стойкостью. Простые латуни обозначают буквой Л и цифрой, показывающей содержание меди в процентах. В специальных латунях после буквы Л пишут заглавную букву дополнительных легирующих элементов и через тире после содержания меди указывают содержание легирующих элементов в процентах. Латунн разделяют на литейные и деформируемые. Латуни, за исключением свинцовосодержащих, легко поддаются обработке давлением в холодном и горячем состоянии. Все латуни хорошо паяются твердыми и мягкими припоями.

35. Свойства и назначение латуней

Марка	Свойства				Назначение
	$\sigma_в$ *1, кгс/мм²	HB *1	$a_н$, кгс·м/см²	λ, кал/(см·с·°С)	
Двойные деформируемые латуни (ГОСТ 15527—70)					
Л96	24	—	22	0,58	Радиаторные и капиллярные трубки
Л90	26	53	18	0,40	Детали машин, приборов, теплотехнической и химической аппаратуры, змеевики, сильфоны и др.
Л85	28	54	—	0,36	
Л80	32	53	16	0,34	

Продолжение табл. 35

Марка	Свойства				Назначение
	$\sigma_в$ *1, кгс/мм²	*HB* *1	$a_н$, кгс·м/см²	λ, кал/(см·с·°С)	
Л70	32	—	16	0,29	Гильзы химической аппаратуры
Л68	32	—	17	0,28	Штампованные изделия
Л63	38—45	58—68	—	0,26	Гайки, болты, детали автомобилей, конденсаторные трубы
Л60	37—42	60—70	—	0,25	Толстостенные патрубки, гайки, детали машин
Многокомпонентные деформируемые латуни (ГОСТ 15527—70)					
ЛА77—2	40	60	20	0,24	Конденсаторные трубы морских судов
ЛАЖ60—1—1	45	95	—	—	Детали морских судов
ЛАН59—3—2	38	75	4,1	0,20	Детали химической аппаратуры, электромашин, морских судов
ЛЖМц59—1—1	45	88	12,0	0,24	Вкладыши подшипников, детали самолетов, морских судов
ЛН65—5	40	60	—	0,14	Монометрические и конденсаторные трубки
ЛМц58—2	40	85	12,0	0,168	Гайки, болты, арматура, детали машин
ЛМц57—3—1	55	115	13,5	0,241	Детали морских и речных судов
ЛО90—1	28	58	7,5	0,30	Конденсаторные трубы теплотехнической аппаратуры
ЛО70—1	35	60	12	0,26	То же
ЛО62—1	40	80	8	0,26	»
ЛО60—1	38	—	7,5	0,28	«
ЛС63—3	35	—	—	0,28	Детали часов, втулки
ЛС74—3	35	60	—	0,29	То же
ЛС64—2	35	60	—	0,28	Полиграфические матрицы
ЛС60—1	37	—	—	0,28	Гайки, болты, зубчатые колеса, втулки
ЛС59—1	40	90	5,0	0,25	
ЛС59—1В	30—40	70—80	—	0; 25	То же

Продолжение табл. 35

Марка	Свойства				Назначение
	$\sigma_в$ *1, кгс/мм²	*HB* *1	$a_н$, кгс·м/см²	λ, кал/(см·с·°С)	
ЛЖС58—1—1	40	—	—	—	Детали, изготовляемые резанием
ЛК80—3	30	60	12—16	0,1	Коррозионностойкие детали машин
ЛМф68—0,05	37	60	—	0,27	Конденсаторные трубы
ЛАМш77—2—0,005	35	70	—	0,32	То же
ЛОМш70—1—0,05	38	58	—	0,28	»
ЛАНКМц75—2—2,5—0,5—0,5	60	300 *2	—	0,30	Пружины, манометрические трубы
Литейные латуни (ГОСТ 17711—80)					
ЛК80—3Л	30—40	95—110	12,0	0,10	Детали арматуры
ЛСК80—3—3	30—40	90—100	4,0	0,2	Литые подшипники, втулки неответственного назначения
ЛАЖМц66—6—3—2	65	160	1,38—2,76	0,119	Массивные червячные винты, гайки нажимных винтов
ЛА67—2,5	30—40	90	8—10	0,27	Коррозионностойкие детали
ЛАЖ60—1—1Л	40	90	2,5—2,7	0,27	Арматура втулок, подшипники
ЛМцНЖА60—2—1—1—1	38—46	105—115	—	—	Детали арматуры, не имеющие притираемых поверхностей
ЛС59—1ЛД	20—42	80—90	2,6	0,26	Литые детали арматуры, втулки, сепараторы, подшипники
ЛС59—1Л					
ЛМцОС58—2—2—2	30	90—100	4,15—6,9	0,118	Шестерни
ЛМцС58—2—2	30—42	70—90	7,0	0,11	Подшипники, втулки, антифрикционные детали
ЛМцЖ55—3—1	50	90—120	3,5	0,24	Детали ответственного назначения, работающие при температуре до 300 °С
ЛВОС	25—30	70—80	—	0,27	Штуцеры гидросистемы автомобилей

*1 Деформируемые латуни в мягком состоянии.
*2 После деформации с обжатием 50% и старения при 350 °С.

36. Технологические свойства деформируемой латуни

Марка	Температура, °С		Обрабатываемость резанием *2, %	Марка	Температура, °С		Обрабатываемость резанием, *2 %
	горячей обработки	отжига			горячей обработки	отжига	
Л96	700—850	450—600	20	ЛО60—1	700—760	550—650	40
Л90	700—850	450—600	20	ЛС63—1	700—780	600—650	100
Л85	700—850	500—650	30	ЛС74—3	700—780	600—650	80
Л80	700—850	500—650	30	ЛС64—2	700—780	620—670	90
Л70	700—850	500—650	30	ЛС60—1	700—780	600—650	75
Л68	700—850	500—650	30	ЛС59—1	780—820	600—650	80
Л63	750—880	500—650	35	ЛС59—1В	640—780	600—650	80
Л60	750—880	500—650	35	ЛЖС58—1—1	—	600—650	70
ЛА77—2	720—770	600—650	30	ЛК80—3	30	750—650	500—600
ЛАЖ60—1—1	600—800	600—650	25	ЛМш68—05	30	700—850	550—650
ЛАН59—3—3	700—750	600—650	15	ЛАМш77—2—0,05	30	600—700	—
ЛЖМц59—1—1	650—750	600—650	25	ЛМц58—2	650—750	600—650	22
ЛН65—5	750—870	600—650	30	ЛО90—1	700—800	550—650	30
ЛО70—1	650—750	550—650	40	ЛОМш70—1—0,05	30	700—850	550—650
ЛО62—1	700—780	550—650	40	ЛАНКМц75—2—2,5—0,5—0,5	20	800—850 *1	550—650

*1 Термическая обработка: температура закалки 780 °С; старение при 500 °С; закалка, деформация 10% и старение при 450 °С.
*2 Данные в % по сравнению с обрабатываемостью латуни ЛС63—3.

37. Технологические свойства литейной латуни

Марка	Литейная усадка, %	Обрабатываемость резанием *1, %	Коэффициент трения в паре со сталью *2	Марка	Литейная усадка, %	Обрабатываемость резанием *1, %	Коэффициент трения в паре со сталью *2
ЛК80—3Л	1,7	30	0,19	ЛМцНЖА60—2—1—1—1	1,7	20	—
ЛКС80—3—3	1,7	50	0,15	ЛС59—1Л	2,2	80	0,17
ЛАЖМц66—6—3—2	1,8	25	—	ЛМцОС58—2—2—2	1,8	35	—
ЛА67—2,5	1,25	30	—	ЛМцС58—2—2	2,0	60	—
ЛАЖ60—1—1п	1,7	30	—	ЛНцЖ55—3—1	1,6	25	—
				ЛВОС	1,8	60	—

*1 Данные в % по сравнению с обрабатываемостью латуни ЛС63—3.
*2 Без смазки.

Бронзами называют медные сплавы, в которых основными легирующими элементами являются различные металлы, кроме цинка. Маркируют бронзы буквами Бр, за которыми следуют заглавные буквы легирующих элементов, а через тире цифры, показывающие их процентное содержание.

По сравнению с латунью бронзы обладают более высокими прочностью, коррозионной стойкостью и антифрикционными свойствами. Они весьма стойки на воздухе, в морской воде, растворах большинства органических кислот, углекислых растворах (табл. 38)

38. Свойства и назначение бронз

Марка	*НВ*	δ, %	$\sigma_в$, кгс/мм²	Назначение
Оловянные деформируемые бронзы (ГОСТ 5017—74)				
БрОФ8,0—0,3 *1	90—110	55—65	40—50	Сетки бумагоделательных машин
БрОФ7—0,2 *1	85—95	55—65	38—45	Зубчатые колеса, втулки, прокладки высоконагруженных машин
БрОФ6,5—0,4 *1	70—90	60—70	35—45	Пружины, детали машин
БрОФ6,5—0,15 *1	55—70	45—50	30—38	Пружины, втулки, вкладыши подшипников
БрОФ4—0,25 *1	55—70	45—58	30—38	Трубки манометров
БрОЦ4—3	50—70	35—45	30—40	Токоведущие пружины, контакты штепсельных разъёмов, детали химической аппаратуры
БрОЦС4—4—2,5	50—70	35—40	30—35	Втулки и прокладки автомобилей и тракторов
БрОЦС4—4—4	—	30—40	32—36	

Продолжение табл. 38

Марка	*HB*	δ, %	$\sigma_в$, кгс/мм²	Назначение
Безоловянные деформируемые бронзы (ГОСТ 18175—78)				
БрА7 *1	65—75	65—75	44—50	Пружины, мембраны, сильфоны
БрАМц9—2 *1	110—130	20—40	40—50	Зубчатые колеса, втулки, винты
БрАЖ9—4 *1	100—120	35—45	40—50	Зубчатые колеса, гайки машинных винтов, седла клапанов
БрАЖН10—4—4 *1	130—150	35—45	45—55	Направляющие втулки, клапаны, зубчатые колеса и другие детали ответственного назначения
БрБ2 *1	130—150	40—50	40—60	Пружины, упругие элементы
БрБНТ1,7 *1	180—120	—	40—50	То же
БрБНТ1,9 *1	120—140	30—50	40—60	»
БрКН1—3	80—100	25—30	40—45	Антифрикционные детали, баки, резервуары
БрКМц3—1	70—80	50—60	35—40	Пружины, втулки, вкладыши подшипников
БрМц5	70—90	35—45	30—36	Топки котлов
БрКд1 *1	50—70	35—45	26—34	Коллекторы, троллейные провода
Литейные оловянные бронзы (ГОСТ 613—79)				
БрО3Ц12С5	60	5	21	Арматура общего назначения
БрО3Ц7С5Н1	60	8	18	Детали, работающие в масле, паре и пресной воде
БрО4Ц7С5	60	5	21	Арматура, антифрикционные детали
БрО4Ц4С17	60	12	15	То же
БрО5С25	60	6	14	Биметаллические подшипники скольжения
БрО6Ц6С3	60	4	18	Арматура, антифрикционные детали, вкладыши подшипников
БрО8Ц4	75	10	20	Части трубопроводов, насосов, работающих в морской воде
БрО10Ф1	90	3	25	Узлы трения, высоконагруженные детали приводов и др.
БрО10Ц2				Антифрикционные детали, вкладыши подшипников и др.
БрО10С10	78	6	20	Подшипники скольжения, работающие при больших удельных давлениях
Литейные безоловянные бронзы (ГОСТ 493—79)				
БрА9Мц2Л *1	70—90	18—22	40	Алюминиевые бронзы применяются для изготовления фасонного литья подшипников, втулок
БрА10Мц2Л *1	100—120	10—14	50	
БрА9Ж3Л *1	90—110	8—14	50	
БрА10Ж3Мц2	110—130	10—14	50	Арматура, антифрикционные детали

Продолжение табл. 38

Марка	*HB*	δ, %	$\sigma_в$, кгс/мм²	Назначение
БрА10Ж4Н4Л *1	170	6	60	Детали химической и пищевой промышленности
БрА11Ж6Н6 *1	240—260	1—3	60	Арматура, антифрикционные детали
БрС30	25	4	6	Антифрикционные детали

*1 Бронзы неудовлетворительно обрабатываются резанием.

Примечание. Свойства деформируемых бронз приведены для образцов в отожженном состоянии.

Большинство бронз (за исключением алюминиевых) хорошо поддаются сварке и пайке твердыми и мягкими припоями.

Медно-никелевые сплавы выделены в особую группу. Их разделяют на конструкционные и электротехнические (табл. 39, 40).

39. Свойства и назначение медно-никелевых сплавов (ГОСТ 492—73)

Сплав	Марка	E *1	$\sigma_в$ *1	δ, *1 %	Назначение
		кгс/мм²			
Мельхиор	МНЖМц 30—1—1	14 500	30—65	3—5	Для конденсаторных труб и труб термостатов
»	МН19	14 000	50—60	2,5—5	Детали машин, медицинский инструмент, сетки, детали точной механики, химической аппаратуры
Нейзильбер	МНЦ 15—20	14 000	60—72	2—3	Детали приборов, электромашин, радиоаппаратуры, медицинский инструмент, арматура, посуда
Куниаль А	МНА 13—3	—	90—95	2—4	Детали машин повышенной прочности
Куниаль Б	МНА 6—1,5	—	65—75	4—6	Пружины и другие изделия электротехнической промышленности

*1 Образцы в твердом состоянии.

40. Электротехнические сплавы (ГОСТ 492—73)

Сплав	Марка	ρ, Ом·мм²	α·10⁶, 1/°С	ТКС *1	Назначение
ТБ	МН16	0,223	15,3	0,0027	Компенсационные провода термопар платина — золото
Копель	МНМц 43—05	0,49	14,0	0,00014	Термопары, компенсационные провода, точные резисторы
Константан	МНМц 40—45	0,48	14,4	0,00002	Реостаты, термопары, нагревательные приборы с температурой до 500 °С, тензорезисторы
Манганин	МНМц 3—12	0,435	16,0	0,00003	Электротехнические измерительные приборы, резисторы
То же	МНМцАЖ 3—12—0,3—0,3	—	—	—	Катушки точных резисторов, компенсационные провода

*1 ТКС — температурный коэффициент сопротивления.

Антифрикционные алюминиевые сплавы (табл. 41) представляют собой сплавы алюминия с оловом, медью, никелем и другими веществами.

41. Примерное назначение антифрикционных сплавов и условия работы подшипников (ГОСТ 14113—78)

Марка	Назначение	Условия работы подшипников		
		Нагрузка на подшипник, кгс/мм²	Скорость вращения вала, м/с	Температура масла, °С
А03-7	Для отливки монометаллических вкладышей и втулок	200	15	100
А09-2		250	15	100
А09-1, А020-1 А0-6-1	Для получения биметаллической ленты со сталью и дюралюмином методом прокатки с последующей штамповкой вкладышей с толщиной антифрикционного слоя менее 0,5 мм	300	20	120
		320	20	120
АН-2,5	Для отливки вкладышей и получения прокатной моно- и биметаллической ленты для штамповки вкладышей с толщиной антифрикционного слоя менее 0,5 мм	200	15	100
АСМ АМСТ	Для получения биметаллической ленты со сталью методом прокатки с последующей штамповкой вкладышей с толщиной антифрикционного слоя менее 0,5 мм	200	10	100
		400	15	120

Антифрикционные сплавы на цинковой основе применяют для изготовления втулок, вкладышей и других деталей узлов трения (табл. 42).

42. Механические и технологические свойства цинковых сплавов (ГОСТ 21437—75)

Марка	Механические свойства			Технологические свойства		
				Коэффициент трения		Коррозионная стойкость
	$\sigma_в$, кгс/мм²	δ, %	НВ	со смазкой	без смазки	
ЦАМ—10—5	32,8	1,0	104	0,009	0,35	Нестойкий в смазочных маслах
ЦАМ—9—1,5	30	5,2	84,5	0,012	0,18	Нестойкий в парах воды, кислот, щелочей. Стойкий в смазках

Цинковые сплавы сваривают газовой сваркой электродами из основного материала с применением в качестве защитной среды восстановительного пламени. Сплавы льют в кокиль при температуре заливки 440 — 470 °С.

Титановые сплавы (табл. 43) разделяют на литейные и деформируемые. Они обладают целым рядом преимуществ по сравнению с другими конструкционными материалами: 1) высокой коррозионной стойкостью; 2) немагнитностью; 3) высокой удельной прочностью; 4) низкой теплопроводностью; 5) малым коэффициентом линейного расширения.

Наиболее распространены литейные сплавы ВТ1Л, ВТ5Л, ВТ9Л. Сплав ВТ1Л обладает наибольшей химической стойкостью; его применяют для деталей, работающих в агрессивных средах. Механические свойства низкие. Сплав ВТ5Л применяют для деталей, работающих при температурах от —253 до +350 °С. Сплав ВТ9Л наиболее высокопрочный и предназначен для изготовления нагруженных деталей, работающих при температуре до 500 °С.

Титановые сплавы удовлетворительно обрабатываются резанием, могут свариваться.

43. Механические свойства титановых сплавов

Марка	$\sigma_в$, кгс/мм²	δ, %	$a_н$, кгс·м/см²	Марка	$\sigma_в$, кгс/мм²	δ, %	$a_н$, кгс·м/см²
Литейные				Деформируемые (ГОСТ 19807—74)			
ВТ1Л	35	10	4	ВТ1—0	38	20—25	—
ВТ5Л	70	6	3	ВТ3—1	95—115	10—16	3—6
ВТ3-1Л	95	4	2,5	ВТ4	70	10—20	—
ВТ6Л	85	5	2,5	ВТ5	80—95	12—25	3—6
ВТ9Л	95	4	2	ВТ6С	90—100	8—13	—
ВТ14Л	90	5	2,5	ВТ14	90—112	4—8	—
ВТ21Л	100	4	2				

Олово (табл. 44) выпускают в виде чушек и прутков (ГОСТ 860—75).

44. Свойства и назначение олова

Марка	Характеристика, назначение
ОВ4-000 Оінч О1 О2	Особочистое, для полупроводниковой техники. В пищевой промышленности, для лужения консервной жести Для лужения жести, изготовления припоев Для изготовления баббитов, припоев, труб, фольги, лужения кухонной утвари

Баббиты (табл. 45, 46) (ГОСТ 1320—74) выпускают в виде чушек; они представляют собой сплавы олова с сурьмой, свинцом, медью, кадмием, никелем, мышьяком.

45. Условия применения баббитов

Марка	Нагрузка	Давление p, кгс/см²	Окружная скорость v, м/с	Напряженность работы $p \cdot v$, кгс·м/(см²·с)	Рабочая температура, °С	Область применения
Б88	Спокойная, ударная	200, 150	50	750	75	Подшипники, работающие при больших скоростях и высоких динамических нагрузках. Подшипники быстроходных дизелей
Б83 Б83С	То же »	150, 100 150, 100	50 50	750, 500 750, 500	70	Подшипники, работающие при больших скоростях и средних нагрузках. Подшипники турбин, дизелей, опорные подшипники гребных валов
БН	»	100, 75	30	300, 200	70	Подшипники, работающие при средних скоростях и нагрузках. Подшипники компрессоров и дизелей
Б16	Спокойная	100	30	300	70	Подшипники оборудования тяжелого машиностроения
БС6	Ударная	150	—	—	70	Подшипники автотракторных двигателей

46. Физико-механические свойства баббитов

Марка	γ, г/см³	HB (при 20 °С)	$\sigma_т$	$\sigma_{сж}$	Температура, °С		
			кгс/мм²		начала расплавления	плавления	заливки
Б88	7,35	27—30	—	—	—	320	380—420
Б83	7,38	27—30	8—8,5	11—12	240	370	440—460
Б83С	7,4	27—30	—	—	230	400	440—460
БН	9,55	27—29	7—7,4	12,5—13	240	400	480—500
Б16	9,29	30	8,6	14,7	240	410	480—500
БС6	10,05	15—17	—	—	247	280	—

Платина, серебро и их сплавы (табл. 47, 48) имеют широкое применение в различных областях техники. В обозначении марок: Пл — платина, Пд — палладий, И — иридий, Рд — родий, Ру — рутений, М — медь, Н — никель, Ср — серебро.

47. Примерное назначение сплавов платины (ГОСТ 13498—68)

Марки	Назначение
Пл; ПлИ-5; ПЛ-10; ПлИ-15; ПлИ-17,5; ПлИ-20; ПлИ-25; ПлИ-30	Контакты (скользящие, разрывные), медицинские принадлежности
ПлПд-10; ПлПд-15; ПлПд-20	Контакты, высокотемпературные припои, потенциометры
ПлПдРд4-3,5	Каталитические сетки
ПлРд-7, ПлРд-7,5; ПлРд-10; ПлРд-20; ПлРд-30; ПлРд-40	Термопары, лабораторная посуда, техническая аппаратура, стеклоплавильные сосуды, каталитические сетки
ПлМ-2,5; ПлМ-8,5	Потенциометры
ПлН-4,5; ПлРу-8; ПлРу-10	Контакты (разрывные, скользящие)

48. Примерное назначение серебра и его сплавов (ГОСТ 6836—72)

Марка	Назначение
Ср999,9; Ср999; СрМ970; СрМ960; СрМ950; СрМ940; СрМ900	Контакты разрывные и скользящие, электротехнические проводники
СрМ925; СрМ916; СрМ875	Контакты, электротехнические проводники, ювелирные изделия
СрМ800; СрМ770; СрМ750; СрМ500	Контакты скользящие, электротехнические проводники
СрПл1; СрПл12; СрПд20; СрПд40; СрПдМ30—20	Контакты разрывные и скользящие

Кадмий (ГОСТ 1467—77) в зависимости от химического состава выпускают марок Кд0АС, Кд0С, Кд1С, Кд2С, Кд0А, Кд1, Кд2. Количество примесей наименьшее в кадмии марки Кд0АС (0,02 %) и наибольшее в Кд2 (0,17 %).

Магний (ГОСТ 804—72) в зависимости от химического состава выпускают марок Мг96, Мг95, Мг90 (соответственно 0,4 %, 0,5 % и 0,6 % примесей). Поставляют в виде чушек массой 8,0 ± 1,0 кг. Магниевые сплавы подразделяют на литейные и деформируемые (табл. 49, 50). Магний и его сплавы быстро коррозируют в контакте с другими металлами.

Никель (ГОСТ 849—70) в зависимости от химического состава выпускают марок Н-0, Н-1у, Н-1, Н-2, Н-3, Н-4. Никель марки Н-0 содержит не более 0,01 % примесей, Н-4 — 2,4 % примесей. Никель марок Н-0, Н-1у, Н-1 поставляют в виде катодных листов или пластинок; никель марок Н-2 и Н-3 в виде катодных листов или пластинок, слитков, гранул, никель марки Н-4 в виде слитков и

гранул. Марки никеля и его сплавов для электронной техники приведены в ГОСТ 19241—73.

Марки никеля, никелевых и медно-никелевых сплавов, обрабатываемых давлением, приведены в ГОСТ 492—73.

49. Свойства магниевых деформируемых сплавов (ГОСТ 14957—76)

Марка	λ, кал/(см·с·°С)	$\sigma_в$ кгс/мм²	$\sigma_т$ кгс/мм²	δ, %	*HB*	Характеристика сплава
МА1	0,30	21	12	8	45	Коррозионноустойчив, удовлетворительно пластичен в горячем состоянии, хорошая свариваемость и обрабатываемость резанием
МА2	0,23	26	16	8	55	Высокая пластичность в горячем и удовлетворительная в холодном состоянии. Отличная обрабатываемость резанием
МА5	0,18—0,23	30	22	8	75	Повышенная прочность и пониженная пластичность. Отличная обрабатываемость резанием
МА8	0,32	27	16—20	11	50	Хорошая свариваемость

50. Свойства и назначение магниевых литейных сплавов (ГОСТ 2856—79)

Марка	λ, кал/(см·с·°С)	$\sigma_в$ кгс/мм²	δ, %	*HB*	Назначение
Мл2	0,32	9	3	30	Свариваемые детали несложной формы, арматура
Мл3	0,25	16	6	40	Арматура, детали, требующие повышенной герметичности
Мл4	0,19	22	2	60	Корпуса приборов, детали самолетов, подвергаемые статическим нагрузкам
Мл5	0,185	15—22	1—2	50—60	Высоконагруженные детали самолетов, двигателей, агрегатов и приборов корпуса пневмоинструментов, радиоаппаратура
Мл6	0,185	15—21	1—3	50—65	Средненагруженные детали, корпуса, радиоаппаратура

Твердые сплавы (табл. 51) — сплавы на основе карбидов тугоплавких материалов (вольфрама, титана, хрома), связанных кобальтом, легированной сталью или жаропрочным никелевым сплавом. Их изготовляют методами порошковой металлургии; выпускают в виде пластин различной формы для оснащения режущего инструмента, матриц для прессования полуфабрикатов и волочения проволоки.

51. Основные характеристики и назначение твердых спеченных сплавов (ГОСТ 3882—74)

Марка	γ, г/см³	*HRC*	$\sigma_и$, кгс/мм²	Назначение, эксплуатационные свойства
ВК3	15—15,3	89,5	110	Чистовое и получистовое точение,
ВК3-М	15,3	91,0	110	резка стекла, обработка чугуна.
ВК6	14,6—15,0	88,5	150	Высокая износостойкость, умерен-
ВК6-М	14,8—15,1	90	135	ная прочность и сопротивляемость ударам
ВК4	14,9—15,2	89	140	Черновое точенне. Черновое и чистовое фрезерование, сверление, зенкерование при обработке чугуна, сплавов, неметаллических материалов. Высокая износостойкость и эксплуатационная прочность
ВК8	14,4—14,8	87,5	160	Черновая обработка резанием чугуна, цветных металлов, жаропрочных сплавов. Волочение и калибровка труб, проволоки. Штамповый инструмент
ВК8-В	14,4—14,8	86,5	175	Бурение, волочение труб и прутков при повышенных обжатиях. Износостойкость ниже, чем у сплава ВК8, а эксплуатационная прочность выше
ВК10	14,2—14,6	87,0	165	Волочение труб и прутков из сталей, изготовление быстроизнашивающихся деталей машин, приспособлений. Малая износостойкость, более высокая эксплуатационная прочность, чем у сплава ВК8
ВК15	13,9—14,1	86,0	180	Ударное бурение горных пород, гранита. Обработка дерева резанием. Изготовление быстроизнашивающихся деталей штампов. Высокая ударная и эксплуатационная прочность
ВК20	13,4—13,7	84,0	195	Штамповый инструмент, быстро-
ВК25	12,9—13,2	82,0	200	изнашивающиеся детали машин. Эксплуатационная и ударная прочность выше, чем у сплава ВК15, а износостойкость ниже
Т30К4	9,5—9,8	92	95	Чистовое точение с малым сечением среза и другие виды обработки сталей. Высокая износостойкость, малая эксплуатационная прочность
Т15К6	11,1—11,6	90	115	Черновое и получистовое точение
Т14К8	11,2—11,6	89,5	125	при непрерывном резании, чистовое точение при прерывистом резании сталей. Эксплуатационная прочность выше, а износостойкость ниже, чем у сплава Т30К4
Т5К10	12,4—13,1	88,5	140	Черновое точение, строганне, черновое фрезерование сталей
Т5К12	13,1—13,5	87,0	165	Черновое точение стальных поковок, отливок с раковинами и коркой
ТТ10К8-Б	13,5—13,8	89,0	130	Черновая и чистовая обработка трудиообрабатываемых материалов. Высокая эксплуатационная прочность и стойкость к ударам. Умеренная износостойкость

Припои. Припоем называется металл или сплав, предназначенный для соединения деталей пайкой. Температура плавления припоев должна быть ниже температуры плавления материалов паяемых деталей.

Припои разделяют на мягкие ($t_{пл} \leqslant 400$ °С) и твердые ($t_{пл} > 400$ °С). Основные материалы мягких припоев — сплавы олова и свинца. Их обозначение (например, ПОС 61) расшифровывается так: П — припой, ОС — оловянно-свинцовый, 61 — содержание олова в процентах. Основные характеристики мягких припоев и область их применения приведены в табл. 52, 53.

52. Припои оловянно-свинцовые в чушках (ГОСТ 21930—76)

Марка	Химический состав *1		Температура плавления, °С	Удельное электрическое сопротивление, Ом·мм², м	Коэффициент теплопроводности, кал/(см·с·°С)	δ, %
	Олово	Сурьма				
Бессурмянистые						
ПОС 90	89—91	—	220	0,120	0,130	40
ПОС 61	59—61	—	190	0,139	0,120	46
ПОС 40	39—41	—	238	0,159	0,100	52
ПОС 10	9—10	—	299	0,200	0,084	44
ПОС 61М	59—61	Cu 1,2—2,0	192	0,143	0,117	40
ПОСК 50—18	49—51	Cd 17—19	145	0,133	0,130	40
Малосурьмянистые						
ПОССу 61—0,5	59—61	0,05—0,5	189	0,140	0,120	42
ПОССу 50—0,5	49—51	0,05—0,5	216	0,149	0,112	55
ПОССу 40—0,5	39—41	0,05—0,5	235	0,169	0,100	50
ПОССу 35—0,5	34—36	0,05—0,5	245	0,172	0,100	47
ПОССу 30—0,5	29—31	0,05—0,5	255	0,179	0,090	45
ПОССу 25—0,5	24—26	0,05—0,5	266	0,182	0,090	45
ПОССу 18—0,5	17—18	0,05—0,5	277	0,198	0,084	45
Сурьмянистые						
ПОССу 95—5	94—96	4,0—5,0	240	0,145	0,110	46
ПОССу 40—2	39—41	1,5—2,0	229	0,172	0,100	48
ПОССу 35—2	34—36	1,5—2,0	243	0,179	0,090	40
ПОССу 30—2	29—31	1,5—2,0	250	0,182	0,080	40
ПОССу 25—2	24—26	1,5—2,0	260	0,185	0,090	35
ПОССу 18—2	17—18	1,5—2,0	270	0,206	0,081	35
ПОССу 15—2	14—15	1,5—2,0	275	0,208	0,080	35
ПОССу 10—2	9—10	1,5—2,0	285	0,208	0,080	30
ПОССу 8—3	7—8	2,0—3,0	290	0,207	0,081	43
ПОССу 5—1	4—5	0,5—1,0	308	0,200	0,084	40
ПОССу 4—6	3—4	5,0—6,0	270	0,208	0,080	15

*1 Остальное свинец.

53. Области применения оловянно-свинцовых припоев

Марка	Применение
ПОС 90	Лужение и пайка швов пищевой посуды и медицинской аппаратуры
ПОС 61	Лужение и пайка электрорадиоаппаратуры, точных приборов с высокогерметичными швами, где не допускается перегрев
ПОС 40	Лужение и пайка электрорадиоаппаратуры, деталей из оцинкованного железа с герметичными швами
ПОС 10	Лужение и пайка контактных поверхностей электрических аппаратов, приборов, реле
ПОС 61М	Лужение и пайка медной проволоки, печатных проводников в кабельной промышленности, электро- и радиоэлектроинной промышленности
ПОСК 50—18	Пайка деталей, чувствительных к перегреву
ПОССу 61—0,5	Лужение и пайка электроаппаратуры, обмоток электрических машин, оцинкованных радиодеталей при жестких требованиях к перегреву
ПОССу 50—0,5	Лужение и пайка авиационных радиаторов, пайка пищевой посуды с последующим лужением оловом
ПОССу 40—0,5	Лужение и пайка жести, обмоток электрических машин, пайка радиаторных трубок, холодильных агрегатов, оцинкованных деталей
ПОССу 35—0,5	Лужение и пайка свинцовых кабельных оболочек, электротехнических изделий неответственного назначения
ПОССу 30—0,5	Лужение и пайка листового цинка, радиаторов
ПОССу 25—0,5	Лужение и пайка радиаторов
ПОССу 18—0,5	Лужение и пайка трубок теплообменников, электрических ламп
ПОССу 95—5	Пайка трубопроводов, работающих при повышенных температурах
ПОССу 40—2	Лужение и пайка холодильных установок, тонколистовой установки. Припой широкого назначения
ПОССу 30—2	Лужение и пайка в холодильном и электроламповом производстве, абразивная пайка
ПОССу 18—2, ПОССу 15—2, ПОССу 10—2	Пайка в автомобилестроении
ПОССу 8—3	Лужение и пайка в электроламповом производстве
ПОССу 5—1	Лужение и пайка деталей, работающих при повышенной температуре
ПОССу 4—6	Пайка белой жести, лужение и пайка деталей с закатанными и клепаными швами из латуни и меди, шпатлевка кузовов автомобилей

Твердые припои выполняют на серебряной основе (например, ПСр 72, где 72 — содержание серебра, %) или на медно-латунной и медно-никелевой основах. Серебряные припои применяют для пайки черных и цветных металлов, кроме сплавов алюминия и магния, а припои на медной основе — для пайки углеродистых и легированных сталей, никеля и его сплавов. Основные свойства твердых припоев приведены в табл. 54.

54. Свойства серебряных припоев (ГОСТ 19738—74)

Марка	Температура плавления, °С	Удельное электрическое сопротивление, мкОм·см	Плотность, г/см³	Марка	Температура плавления, °С	Удельное электрическое сопротивление, мкОм·см	Плотность, г/см³
ПСр 72	779	2,1	10	ПСр 15	640	20,7	8,5
ПСр 50	779	2,5	9,3	ПСр 40	590	7,0	9,25
ПСр 70	715	4,1	9,8	ПСр 37,5	725	37,2	8,9
ПСр 65	695	8,6	9,45	ПСр 62	650	25,5	9,6
ПСр 45	665	10	9,1	ПСр 3	304	20,4	11,4
ПСр 25	740	7,7	8,7	ПСр 2,5	295	21,4	11
ПСр 12М	793	7,4	8,3	ПСр 2	235	16,7	9,5
ПСр 10	822	7,3	8,4	ПСр 1,5	273	19,1	10,4
ПСр 71	645	4,3	9,8				

55. Параметры (мм) листовой горячекатаной стали

Толщина	Ширина	Длина	Толщина	Ширина	Длина
В листах			8,0—10,0	700—2500	2000—12 000
			11—12,0	1000—2500	2000—12 000
0,5—0,6	600—710	1200—1400	13—25,0	1000—2800	2500—12 000
0,65—0,75	600—710	1420—2000	42—160	1250—3800	2500—12 000
0,8—0,9	600—800	1500—2000			
1,0	600—1000	1420—2000	**В рулонах**		
1,2—1,4	600—1200	2000—3000			
1,5—1,8	600—1500	2000—6000			
2,0—2,2	600—1500	2000—6000	1,2—12,0	500—630	—
2,5—2,8	600—1500	2000—6000	1,5—12,0	650—1400	—
3,0—3,9	600—1800	2000—6000	3,0—12,0	1500—1800	—
4,0—5,0	700—1800	2000—6000	6,0—10,0	1900—2000	—
6,0—7,0	700—2000	2000—6000	7,0—10,0	2100—3200	—

56. Параметры (мм) листовой холоднокатаной стали

Толщина	Ширина	Длина	Толщина	Ширина	Длина
В листах			**В рулонах**		
0,5	500—1100	1000—3000	0,5—3,0	500—1000	—
0,55—0,65	500—1250	1000—3500	0,55—3,0	1100—1250	—
0,7—0,75	500—1420	1000—4000	0,7—3,0	1400	—
0,8—1,0	500—1500	1000—4000	0,7—2,5	1420	—
1,1—1,3	500—1800	1000—6000	1,1—2,5	1600	—
2,2—2,5	500—2300	1000—6000	2,2—2,5	1900—2300	—
2,8—3,2	500—2300	1000—6000			
3,5—3,9	1250—2300	2000—4750			
4,0—4,5	1250—2300	2000—4500			

СОРТАМЕНТ

Черные металлы. Сталь различного качества поставляют в виде обжатой (квадратной) болванки; заготовки квадратной (ГОСТ 4693—77); кованой круглой и квадратной (ГОСТ 1133—71), горячекатаной круглой (ГОСТ 2590—71), квадратной (ГОСТ 2591—71) и шестигранной (ГОСТ 2879—69); калиброванной круглой, квадратной и шестигранной; круглой со специальной отделкой поверхности (ГОСТ 14955—77).

Прокатную угловую равнополочную сталь (ГОСТ 8509—72) поставляют длиной 4—13 м (по согласованию сторон допускается изготовление профилей длиной свыше 13 м) с полками шириной 20—250 мм и толщиной 3—30 мм.

Прокатную угловую неравнополочную сталь (ГОСТ 8510—72) поставляют длиной 4—13 м с малыми полками шириной 16—160 мм, большими полками шириной 25—250 мм и толщиной 16—160 мм.

Угловую холодногнутую сталь выпускают в виде равнобоких и неравнобоких профилей. Равнобокие профили из углеродистой стали изготовляют с полками шириной 16—220 мм и толщиной 1—10 мм. Неравнобокие профили из углеродистых и низколегированных сталей изготовляют с большими полками шириной 25—220 мм, малыми полками шириной 20—180 мм и толщиной 1,5—10 мм. Равнобокие профили из низколегированных сталей изготовляют с полками шириной 16—200 мм и толщиной 1,0—10 мм. Профили поставляют длиной 4—12 м.

Стальные гнутые неравнополочные уголки (ГОСТ 19772—74) изготовляют из сталей обыкновенного качества, углеродистой и низколегированной с большими полками шириной 25—160 мм, малыми полками шириной 20—125 мм и толщиной 1,5—8,0 мм. Длина профилей 4—12 м.

Стальные горячекатаные швеллеры (ГОСТ 8240—72) выпускают с уклонами внутренних граней полок и без уклонов. Высота швеллеров 50—400 мм, ширина полок 32—115 мм, толщина стенок 4,4—8,0 мм. Швеллеры поставляют длиной 4—13 м (по согласованию сторон допускается изготовление профиля длиной свыше 13 м).

Стальные гнутые равнополочные швеллеры (ГОСТ 8278—75) изготовляют высотой 30—400 мм с шириной полок 10—200 мм, толщиной профиля 1—10 мм; длина швеллеров 4—12 м.

Неравнополочные стальные холодногнутые швеллеры (ГОСТ 8281—80) поставляют высотой 16—270 мм с большой полкой шириной 20—90 мм, малой полкой шириной 10—80 мм; длина швеллеров 4—12 м.

Гнутые стальные С-образные профили (ГОСТ 8282—76) выпускают высотой 16—400 мм с горизонтальной полкой и шириной 10—160 мм. Толщина профиля 2—7 м. Профили изготовляют длиной 3—12 м.

Номинальные размеры (мм) изделий из стали различного качества (диаметр, сторона квадрата, диаметр круга, вписанного в шестиугольник):

болванка обжатая — 140; 160; 180; 190; 200; 220; 250; 280; 300; 320; 360; 400; 450;

заготовка квадратная — 40; 50; 45; 56; 60; 63; 70; далее до 110 через 5 мм; 120; 125; 130; далее до 220 через 10 мм;

сталь кованая круглая или *квадратная* — 40; 42; 45; 48; 50; 52; 55; 58; 60; 63; 65; 68; 70; 73; 75; 78; 80; 83; 85; далее до 200 через 5 мм;

сталь горячекатаная круглая — 5; 5,5; 6; 6,3; 6,5; 7; далее до 48 через 1 мм; 52; 53; 54; 55; 56; 57; 58; 60; 62; 63; 65; 67; 68; 70; 72; 75; 78; 80; 82; 85; далее до 135 через 5 мм, от 160 до 250 через 10 мм;

сталь горячекатаная квадратная — от 5 до 48 через 1 мм; 50; 52; 55; 58; 60; 63; 65; 70; 75; 80; 85; 90; 93; 95; 100; 105; 110; 115; далее до 150 через 5 мм; от 160 до 200 через 10 мм;

сталь горячекатаная шестигранная — от 8 до 22 через 1 мм; 24; 25; 26; 28; 30; 32; 34; 36; 38; 40; 42; 45; 48; 50; 52; 55; 60; 63; 65; далее до 100 через 5 мм;

сталь калиброванная круглая, квадратная, шестигранная — 3; 3,2; 4; 4,5; 5; 5,5; 6; 6,3; 7; далее до 30 через 1 мм; 32; 34; 36; 38; 41; 42; 45; 46; 48; 50; 53; 55; 56; 60; 63; 65; далее до 100 через 5 мм;

сталь серебрянка — 0,2; 0,25; 0,3; далее до 3,0 через 0,05 мм; от 3,1 до 10 через 0,1 мм; от 10,25 до 14 через 0,25 мм; 14,5; 15; 16; 17; 18; 18,5; 19; 19,5; 20; далее до 30 через 1,0 мм.

Двутавровые балки из горячекатаной стали (ГОСТ 8239—72) изготовляют высотой 100—600 мм с полками шириной 5,5—190 мм, с профилем толщиной 4,5—12 мм, длиной 4—13 м (по соглашению сторон допускается изготовление балок длиной более 13 м).

Стальные гнутые зетовые профили (ГОСТ 13229—78) выпускают из углеродистой стали высотой 10—250 мм с полками шириной 10—90 мм, толщиной 1,2—6,0 мм, длиной 4—12 м.

Листовую горячекатаную (ГОСТ 19903—74) и холоднокатаную (ГОСТ 19904—74) сталь выпускают в листах и рулонах (табл. 55, 56).

Горячекатаная листовая двухслойная коррозионностойкая сталь (ГОСТ 10885—75) имеет основной слой, выполненный из углеродистой или низколегированной стали, и плакирующий слой из коррозионностойкой стали или никеля. Толщина листов и коррозионностойкого слоя приведена в табл. 57.

57. Листы двухслойные коррозионностойкие

Общая толщина листов, мм	Толщина коррозионностойкого слоя, мм	Общая толщина листов, мм	Толщина коррозионностойкого слоя, мм
4; 5	1,0—1,5	32; 36; 40	4,0—6,0
6; 7	1,5—2,0	45; 48; 50	4,5—7,0
8; 9; 10; 11; 12; 14	2,0—3,0	53; 55; 60	5,0—7,5
16; 18; 20	2,5—3,5	65; 70; 75; 80; 85	6,0—12,0
22; 24; 25	3,0—4,0	90; 95; 100; 105; 110	6,0—15,0
28; 30	3,5—5,0	120; 125; 130; 140; 150; 160	6,0—20,0

Примечание. В двухслойной стали, изготовленной электрошлаковой сваркой, промежуточный слой относится к основному. Длина и ширина двухслойных листов соответствует ГОСТ 19903—74.

Толстолистовую коррозионностойкую, жаростойкую и жаропрочную сталь (ГОСТ 7350—77) изготовляют в виде листов толщиной 4—50 мм. Размеры листов должны соответствовать ГОСТ 19903—74.

Тонколистовую конструкционную легированную высококачественную сталь специального назначения (ГОСТ 11268—76) выпускают с размерами, регламентированными ГОСТ 19903—74 и ГОСТ 19904—74.

Стальную горячекатаную ленту (ГОСТ 6009—74) выпускают шириной 20—220 мм и толщиной 1,5—5,0 мм.

Стальные горячекатаные полосы изготовляют шириной 12—200 мм и толщиной 4—60 мм (табл. 58).

58. Размеры полос, мм

Ширина	Толщина
12, 14	От 4 до 8 через 1 мм
16	» 4 » 10 » 1 мм, 12
18	» 4 » 10 » 1 мм
20, 22	» 4 » 12 » 1 мм
25, 28	» 4 » 12 » 1 мм, 14, 16
30, 32, 36	» 4 » 12 » 1 мм, 14, 16, 18, 20
40	» 4 » 12 » 1 мм
	» 14 » 22 » 2 мм, 25, 28, 32
45; 50, 56,	» 4 » 12 » 1 мм,
	» 14 » 22 » 2 мм, 25, 28, 30, 32, 36
60, 63, 65, 70, 75	» 4 » 12 » 1 мм,
	» 14 » 22 » 2 мм, 25, 28, 30, 32, 36, 40, 45,
80	» 4 » 12 » 1 мм,
	» 14 » 22 » 2 мм, 25, 28, 30, 32, 36, 40, 45, 50, 56
От 85 до 130 через 5	» 4 » 12 » 1 мм,
» 140 » 200 » 10	» 14 » 22 » 2 мм, 25, 28, 30, 36, 40, 45, 50, 56, 60

Полосы горячекатаные из высококачественной стали 18ЮА (ГОСТ 15883—70) предназначены для производства изделий способом холодной вытяжки. Полосы изготовляют размером 195×1900 мм, толщиной 8,55±0,15 мм.

Кровельную сталь тонколистовую (ГОСТ 17715—72) разделяют на обычную (черную) марок СТК-1 и СТК-2 в зависимости от состояния поверхности и оцинкованную, со слоем цинка не менее 0,02 мм. Сталь выпускают в виде листов толщиной 0,35—0,8, шириной 510—1000 и длиной 710—2000 мм.

Круглую холоднотянутую проволоку (ГОСТ 2771—57) изготовляют из стали, меди, алюминия и др. Сортамент проволоки приведен в табл. 59.

59. Номинальные диаметры (мм) круглой холоднотянутой проволоки

Группа размеров				Группа размеров			
I	II	III	IV	I	II	III	IV
—	—	0,005		0,010	0,010	0,010	
—	—	0,0056		—	—	0,011	
0,006	0,006	0,006		—	0,012	0,012	
—	—	0,007	—	—	—	0,014	—
—	0,008	0,008		0,016	0,016	0,016	
—	—	0,009		—	—	0,018	

Продолжение табл. 59

Группа размеров I	Группа размеров II	Группа размеров III	Группа размеров IV	Группа размеров I	Группа размеров II	Группа размеров III	Группа размеров IV
—	0,020	0,020		—	—	—	0,85
—	—	0,022		—	—	0,90	0,90
0,025	0,0250	0,025	—	—	—	—	0,95
—	—	0,028					
—	0,30	—		1,00	1,00	1,00	1,00
				—	—	—	1,05
—	—	0,032		—	—	1,10	1,10
—	—	0,036		—	—	—	1,15
0,040	0,040	0,040	—	—	1,20	1,20	1,20
—	—	0,045		—	—	—	1,30
—	0,50	0,050		—	—	1,40	1,40
				—	—	—	1,50
—	—	0,056		1,60	1,60	1,60	1,60
0,060	0,060	—		—	—	—	1,70
—	—	0,063	—	—	—	1,80	1,80
—	—	0,070		—	—	—	1,90
—	0,080	0,080		—	2,00	2,00	2,00
—	—	0,090		—	—	—	2,10
				—	—	2,20	2,20
				—	—	—	2,40
				2,5	2,5	2,5	2,50
				—	—	—	2,60
0,10	0,10	0,10		—	—	2,80	2,80
—	—	0,11		—	3,00	—	3,00
—	0,12	0,12		—	—	3,2	3,20
—	—	—		—	—	—	3,40
—	—	0,14	От 0,1	—	—	3,6	3,60
0,16	0,16	0,16	до 0,28	—	—	—	3,80
—	—	0,18	через 0,01	4,0	4,0	4,0	4,0
—	0,20	0,20		—	—	—	4,2
—	—	0,22		—	—	4,5	4,5
0,25	0,25	0,25		—	—	—	4,8
—	0,30	0,28		—	5,0	5,0	5,0
				—	—	—	5,3
				—	—	5,6	5,6
—	—	0,32		6,0	6,0	—	6,0
—	—	—		—	—	6,3	6,3
—	—	0,36	От 0,32	—	—	—	6,7
—	—	—	до 0,42	—	—	7,0	7,0
0,40	0,40	0,40	через 0,02	—	—	—	7,5
—	—	—		—	8,0	8,0	8,0
				—	—	—	8,5
				—	—	9,0	9,0
				—	—	—	9,5
—	—	0,45	0,45				
—	—	—	0,48				
—	0,50	0,50	0,50	10,0	10,0	10,0	10,0
—	—	—	0,53	—	—	—	10,5
—	—	0,56	0,56	—	—	11,0	11,0
0,60	0,60	—	0,60	—	—	—	11,5
—	—	0,63	0,63	—	12,0	12,0	12,0
—	—	—	0,67	—	—	—	13,0
—	—	0,70	0,70	—	—	14,0	14,0
—	—	—	0,75	—	—	—	15,0
—	0,80	0,80	0,80	16,0	16,0	16,0	16,0

Примечания: 1. Группу размеров IV применять не рекомендуется. 2. По требованию заказчика допускается поставлять проволоку размеров: 0,31; 0,35; 0,37; 0,55; 0,65; 1,25; 2,3; 2,7; 2,9; 3,1; 3,3; 3,5; 5,5; 5,8; 6,5 мм.

Низкоуглеродистую качественную проволоку (ГОСТ 792—67) изготовляют без покрытия (светлая КС) и с покрытием (оцинкованную КО) диаметром 0,5—6,0 мм.

Стальную углеродистую пружинную проволоку (ГОСТ 9389—75) в зависимости от механических свойств выпускают четырех классов: I, II, IIа, III диаметром от 0,14 до 8,0 мм.

Стальную пружинную термически обработанную проволоку (ГОСТ 1071—67) изготовляют диаметром 1,20—5,50 мм.

Стальную проволоку для пружинных шайб (ГОСТ 11850—72) выпускают квадратного, прямоугольного и трапецеидального сечений со стороной квадрата 0,5—10,0 мм и со сторонами прямоугольника от 0,5×0,8 мм до 7,5×10,0 мм.

Трубы. Основной сортамент стальных труб приведен в табл. 60.

60. Основной сортамент стальных труб

Название или назначение труб	Наружный диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Длина, м	ГОСТ
Малых размеров	0,32—4,80	0,1—1,6	0,3—7,0	14162—79
Прецизионные:				
горячекатаные	25—325	2,5—50,0	4,0—12,0	9567—75
калиброваиные	5—710	0,2—32,0	1,0—11,5	9567—75
Особотонкостеиные коррозионностойкие бесшовные, холоднотяиутые и катаные	4,0—120,0	0,2—1,0	1,0—8,0	10498—63 *
Общего назначения:				
бесшовные холоднотянутые и катаные	5,0—250	0,3—24,0	1,5—12,5	8734—75
бесшовные горячекатаные	25—820	2,5—75,0	4,0—12,5	8732—78
Электросварные холоднокатаные и тянутые	5,0—110,0	0,5—5,0	1,5—9,0	10707—73 *
Общего назначения электросварные с прямым швом	8,0—1620	1,0—16,0	2,0—10,0	10704—76
Коррозионностойкие:				
бесшовные, горячедеформированные	57,0—325	1,5—32,0	1,5—10,0	9940—72 *
бесшовные холодно- и теплодеформированные	5,0—250	0,2—22,0	1,5—9,0	9941—72 *
Водогазопроводиые сварные	10,2—165	1,8—5,5	4—12	3262—75
Высокого давления для дизелей бесшовные	6—13	—	0,5	11017—80
Для мотовелопромышленности:				
бесшовные волочеиые и не волочеиые	6—102	0,8—7,5	1,5—9,0	12132—66 *
Электросварные	6—102	0,8—7,5	1,5—9,0	12132—66 *

Цветные металлы. Размеры листов из алюминия и алюминиевых сплавов (ГОСТ 21631—76) в зависимости от марки сплава и состояния поставки приведены в табл. 61.

Характеристикн труб из цветных металлов и сплавов приведены в табл. 62.

61. Размеры листов (мм) из алюминия и его сплавов (ГОСТ 21631—76)

Состояние материала листов	Марка алюминия, сплава	Толщина	Ширина	Длина
Без термической обработки	А7, А6, А5, А0	От 5,0 до 10,5	600, 800, 900, 1000	2000
	АД0, АД1		600, 800, 900	2000
	АД0, АД1, АМц, АМцС, АМг2, АМг3, АМг5, АМг6, АВ, АД1, Д16, В95—2А, ВД1		1000, 1200 1400, 1500, 1600, 1800, 2000	От 2000 до 7000
	В95А			
Отожженные	А7, А6, А5, А0, АД0, АД1	» 0,3 » 10,5	600, 800, 900, 1000	2000
	АД0, АД1, АМц, АМцС, АВ, АМг2	» 0,5 » 10,5	От 1000 до 2000	От 2000 до 7000
	АМг3, АМг5, АМг6	» 0,5 » 10,5	» 1000 » 2000	» 2000 » 7000
	Д12	» 0,5 » 4,0	1200, 1500	» 3000 » 4000
	Д1А, Д16Б, Д16	» 0,5 » 10,5	От 1000 до 2000	» 2000 » 7000
	Д16У	» 0,5 » 4,0	1200, 1500	» 2000 » 3000
	В95А	» 0,5—10,5	От 1000 до 2000	» 2000 » 7000
	В95—2А	» 1,0 » 10,5	1200, 1400, 1500	» 2000 » 7000
	ВД1	» 0,8—10,5	От 1000 до 2000	» 2000 » 7000

Продолжение табл. 61

Состояние материала листов	Марка алюминия, сплава	Толщина	Ширина	Длина
Полунагартованные	АМц, АМцС, АМг2, АМг3	От 0,5—10,5	От 1000 до 2000	От 2000 до 7000
	Д12	» 0,5 » 4,0	1200, 1500	» 3000 » 4000
Нагартованные	А7, А6, А5, А0, АД0, АД1	» 0,3 » 0,5	600, 700, 900, 1000	2000
	АД0, АД1	» 0,5 » 10,5	От 1000 до 2000	От 2000 до 7000
	ММ	» 1,0 » 4,5	1000, 1200, 1400, 1500	» 2000 » 4000
	АМц, АМцС, АМг2	» 0,5 » 10,5	От 1000 до 2000	» 2000 » 7000
	ВД1А	» 0,8 » 10,5	1000, 1200, 1500	» 2000 » 7000
Закаленные и естественно состаренные	АВ, Д1А, Д16Б, Д16А	» 0,5 » 10,5	От 1000 до 2000	» 2000 » 7200
	Д16У	» 0,5 » 4,0	1200, 1500	» 2000 » 7200
	В95—2А, ВД1А	» 0,8—10,5	От 1000 до 2000	» 2000 » 7000
Закаленные и искусственно состаренные	АВ	» 0,5 » 10,0	» 1000 » 2000	» 2000 » 7000
	В95А	» 0,5 » 10,0	» 1000 » 2000	» 2000 » 7000
Нагартованные после закалки и естественного старения	Д16Б, Д16А	» 1,5 » 7,5	1000, 1200, 1400, 1500	» 2000 » 7200

62. Сортамент круглых труб из цветных металлов и сплавов

Трубы	Наружный диаметр		Толщина стенки		Длина труб, м	ГОСТ
	Диапазон размеров, мм	Число размеров	Диапазон размеров, мм	Число размеров		
Бронзовые прессованные	42—300	42	5,0—60,0	20	0,5—4,0	1208—73
Тонкостенные из никеля и его сплавов	0,35—4,5	90	0,05—0,3	6	0,5 и более	13548—77
Латунные для теплообменных аппаратов	10—50	28	0,8—3,0	6	1,5—12,0	21646—76
Мельхиоровые для теплообменных аппаратов	10—50	27	0,8—4,0	8	0,5—6,0	10092—75
Медные	3—360	126	0,5—10,0	17	1,5—6,0	617—72
Из меди и медно-никелевого сплава	25—168	47	2,0—13,5	35	1,0—4,5	17646—72
Из медно-никелевого сплава МНЖ5-1	6—260	61	1,0—10,0	14	1,0—6,0	17217—79
Из бескислородной меди	75—360	21	22,5—72,5	11	0,5—6,0	15040—77
Тонкостенные из никеля и никелевых сплавов	1,5—28	48	0,15—0,7	11	1,0—3,0	11383—75
Прессованные из магниевых сплавов	16—50	20	1,5—3,0	4	2,0—4,0	19441—74
Бесшовные горячекатаные из сплавов на основе титана	83—480	27	6,0—65,0	60	1,5—6,0	21945—76
Свинцовые	15—170	100	2,5—10,0	10	Не менее 1,8	167—69
Манометрические из бронзы БрОФ4—0,25 и латуни Л63	8—22	3	0,2—1,6	19	1,0—3,0	2622—75
Радиаторные	4—11	8	1,15; 0,2	2	—	529—78
Латунные	3—195	—	0,5—4,2	—	1,0—6,0	494—76

По техническим ведомственным условиям выпускается разнообразная номенклатура труб из цветных металлов и сплавов.

Плиты алюминиевые (ГОСТ 17232—79) изготовляют из алюминия АД0, АД1, АД00, АД, А0, А5, А6, А7, сплавов АМц, АМцС, АМг2, АМг3, АМг5, АМг6, АВ, Д1, Д16, В95 и 1915. Толщина 12—200 мм, ширина 1000—2500 мм, длина 2000—8000 мм.

Проволоку для холодной высадки диаметром 1,4—10,0 мм выполняют из сплавов марок по ГОСТ 4784—74; поставляют в нагартованном состоянии, пригодном для высадки.

Электротехническую проволоку (ГОСТ 6132—79) выполняют 0,08—10,0 мм. Подразделяется на марки АТ (твердая), АПТ (полутвердая), АМ (мягкая), АТп (твердая повышенной прочности).

Фасонные прессованные алюминиевые профили поставляют с площадью поперечного сечения до 200 см² с соотношением толщин полок не более 1 : 4.

Бульбоугольники П6500 (ГОСТ 13617—68) размером (минимальный — максимальный) 13×12—30×35 мм.

Полоса заготовочная (ГОСТ 13616—78) размером 4×50—100×120 мм.

Угольник фитинговый П1516 (ГОСТ 13618—68) размером 38×20—100×45 мм.

Фасонный зет П510 (ГОСТ 13619—68) размером 20×15—35×30 мм.

Нормальный зет П500 (ГОСТ 13620—68) размером 20×15—50×35 мм.

Двутавр (ГОСТ 13621—68) размером 30×30—86×95 мм.

Тавр (ГОСТ 13622—79) размером 20×30—220×110 мм.

Равнотолщинный швеллер П300 (ГОСТ 13623—80) размером 15×20—80×140 мм.

Отбортованный швеллер П460 (ГОСТ 13624—80) размером 14×34—35×23 мм.

Таврошвеллер П326 (ГОСТ 17575—72) размером 25×50—90×114 мм.

Равнобокий угольник П50 (ГОСТ 13737—68) размером 12—100 мм.

Равностенный неравнобокий угольник П52 (ГОСТ 13738—68) размером 16×13—140×90 мм.

Трапециевидный отбортованный швеллер П2318 (ГОСТ 17576—72) размером 17×50—70×120 мм.

Сортамент, размеры и допускаемые отклонения *прессованных прутков из алюминия и алюминиевых сплавов* (ГОСТ 21488—76) приведены в табл. 63.

63. Сортамент прессованных алюминиевых прутков

Номинальный размер, мм	Предельное отклонение точности, мм		Площадь сечения, мм²		
	нормальной	повышенной	Круг	Квадрат	Шестигранник
5	0,40	0,30	19,6	—	—
6	0,40	0,30	28,3	—	—

Продолжение табл. 63

Номинальный размер, мм	Предельное отклонение точности, мм		Площадь сечения, мм²		
	нормальной	повышенной	Круг	Квадрат	Шестигранник
7	0,58	0,36	38,5	49	42,4
8			50,3	64	55,4
9			63,6	81	70,1
10			78,5	100	86,6
11	0,70	0,43	95,0	121	104,8
12			113,1	144	124,7
13			132,7	169	169,7
14			153,9	196	204,2
15			176,7	225	—
16			201,1	256	—
17			227,0	289	250,3
18			254,5	324	—
19	0,84	0,52	283,5	361	312,6
20			314,2	400	—
22			380,1	484	419,2
23			415,5	—	—
24			452,1	576	498,8
25			490,9	625	—
26			530,9	676	—
27			572,6	729	631,3
28			615,8	784	—
30			706,9	900	779,4
32	1,00	0,62	804,2	1024	886,8
34			907,9	1156	—
35			962,1	—	—
36			1017,9	1296	1122,4
38			1134,1	1444	—
40			1256,6	1600	—
41			—	—	1455,8
42			1385,4	1764	—
44			—	1936	—
45			1590,4	—	—
46			1661,9	2116	1832,5
48			1809,6	2304	—
50			1963,5	2500	2165,1
52	1,20	0,74	2123,7	2704	—
55			2375,8	3025	2619,7
58			2642,1	3364	—
60			2827,4	3600	3117,7
65			3318,3	4225	3659,0
70			3848,5	4900	4243,0
75			4417,9	5625	4871,0
80			5526,5	6400	5543,0

Продолжение табл. 63

Номинальный размер, мм	Предельное отклонение точности, мм		Площадь сечения, мм²		
	нормальной	повышенной	Круг	Квадрат	Шестигранник
85	1,40	1,00	5674,5	7 225	6257,0
90			6361,7	8 100	7014,8
95			7088,2	—	7816,0
100			7 854	10 000	8660
105			8 659	—	—
110			9 503	12 100	—
115			10 387	—	—
120			11 310	14 400	—
125	1,60	—	12 272	—	—
130			13 273	16 900	
135			14 314	—	
140			15 391	19 600	
145			16 513	—	
150			17 672	22 500	
155			18 869	—	
160			20 106	—	
165			21 382	—	
170			22 698	—	
175			24 053	—	
180			25 447	—	
185			26 880	—	
190	2,00	—	28 353	—	—
200			31 416		

И далее до 400 мм с интервалом 10 мм.

Примечание. Для квадратных и шестигранных прутков размером 75 и 80 мм нормы повышенной точности установлены в 1 мм. Для размеров 90, 100 мм и более нормы повышенной точности не устанавливаются.

Основной сортамент изделий из меди приведен в табл. 64.

64. Основной сортамент изделий из меди

Изделие	Марка меди	Толщина или диаметр, мм	ГОСТ
Пруток круглый, квадратный и шестигранный	М1, М1р, М2, М2р, М3, М3р	3—50	1535—71
Пруток круглый		20—150	1535—71
Лист и полоса		0,4—12	495—77

Продолжение табл. 64

Изделие	Марка меди	Толщина или диаметр, мм	ГОСТ
Лист	М1, М1р, М2, М2р, М3, М3р	3—25	495—77
Лента общего назначения		0,005—2,0	1173—77
Полоса и лента	М0б	2—55 0,05—2,0	15471—77
Лента для коаксиальных кабелей	М1	0,16—0,3	16358—70*
Трубы волноводные	М2, М3	130×65—292×146	20900—75

Прутки латунные (ГОСТ 2060—73*) круглого, квадратного и шестигранного сечения выпускают размером 3—50 мм (тянутые) и 10—160 мм (прессованные). Тянутые прутки выполняют из латуней марок Л63, ЛС59—1, ЛО62—1, ЛЖС58—1—1, ЛМц58—2, ЛЖМц59—1—1, а круглые — из ЛС63—3. Прессованные прутки — из латуней Л60, Л63, ЛО62—1, ЛС59—1, ЛМц58—2, ЛЖМц59—1—1, ЛАЖ60—1—1 и ЛЖС58—1—1.

Листы и полосы латунные (ГОСТ 931—78). Горячекатаные листы толщиной 5—21, 22 и 25 мм выпускают размерами 600×150 мм и 1000×2000 мм из латуней Л63, ЛО62—1 и ЛС59—1, ЛМц58—2. Холоднокатаные листы толщиной 0,4; 0,5—1,2; 1,3; 1,35; 1,4; 1,5; 1,6; 1,65; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,75; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 9,0; 10; 11 и 12 мм выпускаются размерами 600×1500; 800×2000 и 1000×2000 мм из латуней Л63, Л80, Л85, Л90 и ЛС59—1. Холоднокатаную полосу толщиной 0,4—10,0 мм и шириной от 40 до 560 мм выпускают из латуней, применяемых для холоднокатаных листов.

Проволоку латунную (ГОСТ 1066—80) общего назначения круглую — диаметром 0,1—12 мм по сортаменту (ГОСТ 2771—57), квадратную и шестигранную размером 3—12 мм изготовляют из латуней Л80, Л68, Л63.

Проволоку из свинцовой латуни ЛС63—3 (ГОСТ 19703—79) для деталей приборов и часов выпускают диаметром 0,45—6,0 мм.

Трубы латунные тонкостенные (ГОСТ 11383—75) тянутые диаметром 1,5—2,8 мм с толщиной стенки 0,15—0,5 мм изготовляют из латуни Л63.

Сортамент изделий из бронзы приведен в табл. 65.

65. Сортамент изделий из бронзы

Изделие	Марка бронзы	Размер, мм: минимальный	Размер, мм: максимальный	ГОСТ
Оловянные деформируемые бронзы				
Полоса, лента	БрОФ6,5—15 БрОЦ4—3	1×40 0,1×10	10×300 2×300	1761—79
Полоса, лента	БрОЦС4—4,25	1,58×50 0,5×100	3×200 2×200	—
Прутки круглые	БрОФ6,5—0,15 БрОФ7—0,2	6*1 40*2	40*1 110*2	10025—78
Прутки круглые, квадратные и шестигранные	БрОЦ4—3	5*1 42*2	40*2 120*2	6511—60
Проволока круглая, квадратная	БрОЦ4—3	0,1	12,0	
Безоловянные бронзы				
Полоса, лента	БрБ2, БрБНТ1,9 БрБНТ1,7	0,15×40 0,02×10	6×300 1,5×300	1789—70
Полоса, лента	БрАМц9—2	5×50 1×10	22×300 4,5×300	1595—71
Прутки круглые: тянутые прессованные катаные	БрАМц9—2 БрАЖ9—4 БрАЖМц10—3,15	5 16 30	40 160 100	
Прутки квадратные и шестигранные	БрАЖН10—4—4 БрКМц3—1 БрКН1—3	5	36	1628—78
Прутки круглые, квадратные, шестигранные тянутые, круглые прессованные	БрБ2	5 42	40 100	15835—70
Проволока круглая, квадратная	БрКМц3—1	0,1 0,6	10 3,5	5222—72
Проволока из бериллиевой бронзы	БрБ2	0,06	12,0	15834—77

*1 Тянутые.
*2 Прессованные.

Плиты из магниевых сплавов (ГОСТ 21990—76) горячекатанные толщиной 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 27, 30, 32, 35, 40, 45 и 50 мм, шириной 500, 600, 700, 800, 900 и 1000 мм, длиной 1000—3000 мм изготовляют из сплава МА2—1; МА2—1 пч и МА8.

ПЛАСТИЧЕСКИЕ МАССЫ

Пластические массы (табл. 66, 67) получают на основе высокомолекулярных соединений — полимеров. Их разделяют на два класса — термопласты и реактопласты. Термопласты (термопластичные пластмассы) при нагреве расплавляются, а при охлаждении возвращаются в исходное состояние. Реактопласты (термореактивные пластмассы) отличаются более высокими рабочими температурами, но при нагреве разрушаются и при последующем охлаждении не восстанавливают своих исходных свойств. Основные механические характеристики пластмасс те же, что и для металлов.

Твердость пластмасс определяется по Бринеллю при нагрузках 50—250 кгс на шарик диаметром 5 мм. Теплостойкость по Мартенсу — температура, при которой пластмассовый брусок с размерами 120×15×10 мм, изгибаемый при постоянном моменте, создающем наибольшее напряжение изгиба на гранях 120×15 мм, равное 50 кгс/см², разрушится или изогнется так, что укрепленный на конце образца рычаг длиной 240 мм переместится на 6 мм.

Теплостойкость по Вика — температура, при которой цилиндрический стержень диаметром 1,13 мм под действием груза массой 5 кг (для мягких пластмасс 1 кг) углубится в пластмассу на 1 мм.

Температура хрупкости $t_х$ (морозостойкость) — температура, при которой пластичный или эластичный материал при ударе может разрушиться хрупко.

66. Основные свойства и назначение пластмасс

Пластмасса	Особенность применения	Методы переработки
Термопласты		
Полиэтилен высокого давления (ПЭВД) (ГОСТ 16337—77) и низкого давления (ПЭНД) (ГОСТ 16338—77)	Нейтральный материал с низким водопоглощением, невысокой прочностью (особенно у ПЭВД); эластичен, стоек к растрескиванию и химическим средам (кроме бензина, бензола, хлороформа), обладает высокими диэлектрическими свойствами, не токсичен. Применяют для ненагруженных деталей, емкостей, труб	Литье под давлением, центробежное литье, экструзия, штамповка, резание, прессование, сварка, расплавление воздухом

Продолжение табл. 66

Пластмасса	Особенность применения	Методы переработки
Полипропилен термостабилизированный (ТУ6-05-1105—73)	Более жесткий, прочный и теплостойкий, чем полиэтилен, но морозостойкость очень низкая. Химически стоек. Стареет интенсивнее, чем ПЭНД. Применение — трубы, фиттинги, емкости, вентиляторы, пленки, волокна	То же, что и у полиэтилена, но сварка в инертном газе
Поливинилхлорид суспензионный (ГОСТ 14332—78)	Обладает высокой химической стойкостью (винипласт), подвержен термодеструкции при $T = 140$ °С. Применение: винипласт — для футеровки в химических процессах, труб, вентиляторов и др; пластикат НВЖ — пленки, линолеум, изоляторы, гибкие трубки; гидропласт — заполнение полостей оснастки для металлообработки	Винипласт — экструзия, ударное прессование, сварка горячим воздухом, резание. Пластикат — экструзия, каландрование
Полистирол блочный и эмульсионный (ГОСТ 20282—74)	Высокая жесткость, хорошие физические свойства. Химически стоек, хрупкий. Может быть суспензирован — пенополистирол. Применяют для корпусных деталей, приборов, изоляторов, деталей отделки; пенополистирол — для звуко- и теплоизоляции	Литье под давлением, экструзия, штамповка, прессование, резание, склеивание
Полистирол ударопрочный А, Б (ГОСТ 19784—74)	Более высокая ударная вязкость, чем у полистирола. Применение — различные детали	То же
Сополимеры стирола МС, МСН-Л (ГОСТ 12271—76)	Более высокая механическая прочность и эластичность, чем у полистирола. Применение — различные детали	»
Фторопласты: 4 (ГОСТ 10007—72) 4М (ГОСТ 14906—77) 3 (ГОСТ 13744—76)	Не поглощают воду. Химически стойки ко всем щелочам и кислотам. Низкий коэффициент трения, высокие теплостойкость и диэлектрические свойства (у фторопласта-3 диэлектрические свойства ниже). Низкие механические свойства, отличается хладнотекучестью. При температуре выше 320 °С разлагается. Применяется для подшипников скольжения, прокладок, уплотнителей, деталей химического машиностроения	Механическая обработка, склейка после специальной подготовки поверхности
Полиметакрилатный порошок П-1 (ТУ-05-1344—71)	Светопрозрачен, бензо- и маслостоек, хрупок. Применяют для деталей сложной формы, радиодеталей и деталей, соприкасающихся с бензином и маслом	Литье под давлением, экструзия, прессование

Продолжение табл. 66

Пластмасса	Особенность применения	Методы переработки
Стекло оргаиическое конструкционное СОЛ; СТ-1,2-55 (ГОСТ 15809—70)	Хорошая светопрозрачность, при вытяжке в высокоэластичном состоянии обеспечиваются высокая пластичность, способность выдерживать большие деформации без разрушения. Применяют для остекления машин и приборов, изготовления кожухов, корпусов	Свободное литье с последующей вытяжкой, сварка, склейка, вакуумное и пневматическое формование
Капрон первичный (ТУ6-06-309—70)	Более высокие механические свойства, чем у других термопластов, хорошие антифрикционные свойства. Большое водопоглощение. Химическая стойкость низкая. Применяется для подшипников скольжения, зубчатых колес, антифрикционных и декоративных покрытий	Литье под давлением, экструзия, центробежное литье, механическая обработка, сварка, склеивание
Полиамиды	Более высокие механические свойства, чем у капрона; меньшее водопорлощение, чем у капроиа; наиболее жесткий среди капрона и полиамидов капролон 13. Применение аналогично капрону	То же
Сополимеры АК80/20, АК85/15 и др. (ГОСТ 19459—74)	Применяют для вкладышей подшипников, шестерен, втулок и других деталей	»
Полиформальдегид	Один из наиболее жестких полимеров; высокая теплостойкость и морозостойкость, высокие антифрикционные и диэлектрические свойства. Химически стоек. Применение — детали втулок и вкладышей подшипников, тела качения, шестерни, корпуса электроприборов	Литье под давлением, экструзия, механическая обработка
Поликарбонат (дифлон) (ТУ6-05-1668—74)	Высокая теплостойкость и морозостойкость. Низкое водопоглощение, прозрачен, высокие электрические свойства. Применяют для корпусных деталей в электромашиностроении, труб, вентилей	То же, прессование
Стеклонаполиенные полиамиды: КПС-30, П68С-30 (ГОСТ 17648—72)	Прочность выше, чем у капрона, в 2—3 раза, гораздо меиее пластичен. Низкий коэффициент трения, стабильность усадки. Применяют для корпусных деталей в автомобиле и приборостроении, причем полиамид П6-8С-30 для более ответственных деталей	Литье под давлением, механическая обработка

Продолжение табл. 66

Пластмасса	Особенность применения	Методы переработки
Полиакрилат Д-3	Высокая термическая и жаростойкость. Применение — аитифрикционные различные детали	Литье под давлением, экструзия, литьевое прессование
Пентапласт А	Высокая химическая стойкость. Применение — детали коррозионностойкой аппаратуры	Литье под давлением. Прессование, экструзия
Полнуретан ПУ-1	Стоек к воздействию разбавленных кислот, щелочей, масел, углеводородов, органических кислот. Применение — детали, работающие при температурах от —60 до +100 °С	Прямое литьевое прессование
	Реактопласты	
Стекловолокнистый материал СВАМ-ЭР	Состоит из стеклянных нитей и эпоксидной или фенолформальдегидной смолы. Высокие механические и электроизоляционные свойства. Применяют для конструкционных деталей	Прессование
Стекловолокниты АГ-4 (ГОСТ 20437—75)	Состоит из стеклянных нитей (у АГ-4С крученых) и фенолформальдегидной смолы; АГ-4С прочнее, чем АГ-4В. Применяется для конструкционных деталей	»
Прессматериал: П-50С; П-75С	Состоит из стеклоленты и модифицированной фенолформальдегидной смолы. Высокие механическая прочиость и теплостойкость. Применяют для коиструкционных деталей повышенной прочности	Прямое прессование
П-5-2	Состоит из стекловолокна и модифицированной кремнийорганической смолы. Повышеиные механические свойства. Примеияется для конструкциоиных деталей, работающих при повышенных температурах	То же
ПН-67	Получают на основе полиамидной смолы. Стоек к окислению. Примеияют для конструкционных деталей и подшипников скольжения, работающнх при температурах —180 ÷ +125 °С	Прессование
П-2-1; П-2-5; П-2-3	Состоит из модифицированной эпоксндной смолы и нетканой леиты. Применяют для конструкционных деталей	»
179	Состав и назначение аналогичны волокниту К-138-А	»

Продолжение табл. 66

Пластмасса	Особенность применения	Методы переработки
Волокиит К-138-А	Состоит из кремнийорганической смолы, минерального наполнителя и других добавок. Высокая теплостойкость. Применяют для конструкционных и электроизоляционных деталей, работающих при температурах до 300—400 °С	Прессование
Стекловолокиит ДСВ-2-Р-2м (ГОСТ 17478—72)	Состоит из пропитанных и разрубленных стеклянных нитей. Применяют для сложных конструкционных деталей с тонкими стенками	»
Пресс-порошок РСТ	Состоит из стеклянного волокна и фенолформальдегидной смолы. Применяют для конструкционных электротехнических деталей	»
Стеклотекстолит конструкционный КАСТ (ГОСТ10292—74*)	Состоит из стеклотканей, пропитанных смолами. Высокая механическая прочность, теплостойкость, низкое водопоглощение. Применяют для перегородок летательных аппаратов, конструкционных электротехнических деталей	Механическая обработка листов
Намоточные стеклопластики на основе: стекложгута ЖС-1, полиэфирной смолы ПН-1; эпоксидных смол ЭД-8 и ЭД-10	Высокая удельная механическая прочность, химическая стойкость, малая плотность. Применяют для высоконапорных труб, оболочек, емкостей	Намотка
Стеклопластики контактиого формования на основе эпоксидных смол ЭД-8; ЭД-10	Хорошая антикоррозионная стойкость, высокая прочность, малая плотность. Применяют для силовых крупногабаритных деталей несерийного производства	Контактное формование
Текстолит конструкционный ПТ, ПТК (ГОСТ 5—78)	Состоит из хлопчатобумажной ткани и фенолформальдегидной смолы. Высокие антифрикционные свойства, прочность при сжатии, изоляционные свойства. Применяют для подшипников скольжения, шестерен, электротехнических деталей	Механическая обработка листов
Текстолит графитированный	Фрикционный материал. Применяют для деталей, работающих на трение	То же
Асботекстолит	Состоит из асбестовой ткани, пропитанной фенолформальдегидной смолой. Хорошие фрикционные свойства, высокая теплостойкость. Применяют для тормозных устройств, фрикционных дисков, гидравлических передач	»

Продолжение табл. 66

Пластмасса	Особенность применения	Методы переработки
Гетинакс (ГОСТ 2718—74)	Обладает хорошими электроизоляционными свойствами. Применяют для электротехнических деталей	Механическая обработка листов
Массы прессовочные фенольные (ГОСТ 5689—79)	Состоят из фенолформальдегидных смол, различных наполнителей, отвердителей, красителей и смазывающих веществ	Прессование
01-040-02, СП1-342-02	Применяют для ненагруженных деталей общего назначения	»
Э2-330-02	Применяют для электроизоляционных деталей	»
ВХ1-090-34	Для деталей с повышенной водо- и кислотостойкостью	»
У2-301-07	Для направляющих втулок, шестерен, кулачков и других деталей, работающих на удар	»
Ж1-01-040	Для электротехнических деталей, работающих при повышенной температуре	»
Ретинакс (ГОСТ 10851—73)	Фрикционный материал с добавками асбеста, барита, смазочных веществ. Применяют для тормозных деталей	»
Ангемит	Антифрикционный материал на основе фенолформальдегидной смолы и графитированных продуктов. Применяют для поршневых колец, сальников, насосов, фильтров	»
Древесно-смолистые пластики ДСП-А, ДСП-Б, ДСП-В, ДСП-Г	Композиционный материал на основе древесного шпона и фенолформальдегидной смолы. Химически стоек, высокие прочностные и антифрикционные свойства. Применяют для электроизоляционных деталей, подшипников скольжения, зубчатых колес, шкивов, обшивок и др.	Механическая обработка листов
Аминопласт, пресс-порошок А и Б (ГОСТ 9359—73)	Светостоек, нетоксичен, хорошо окрашивается, обладает электроизоляционными свойствами. Недостатки — растрескивание, водопоглощение. Применяют для электроаппаратуры, сигиальных кнопок, сухих выключателей и др.	Прессование

67. Механические и физические свойства пластмасс

Пластмасса	$\sigma_р$, кгс/см²	E, кгс/см²	δ, %	$a_н$, кгс·см/см²	HB	γ, г/см³	$T_{пл}$, °C	Теплостойкость по Мартенсу, °C	Коэффициент линейного расширения, 1/°C	Морозостойкость (температура хрупкости), °C
Термопласты										
Полиэтилен: высокого давления (ПЭВД)	90—140	1500—2500*1	500—600	Не ломается	1,4—2,5	0,92—0,93	105—108	—	(2,2÷5,5)×10⁻⁴	Не выше —40÷—70
низкого давления (ПЭНД)	220—320	5500—8000*1	400—800	То же	4,5—6,3	0,95	120—125	—	$4\cdot10^{-4}$	Не выше —60
Полипропилен	250—400	6700—11 900*1	200—800	100—150	—	0,9—0,92	—	—	$1{,}1\cdot10^{-4}$	Не выше —15÷—40
Поливинилхлорид суспензионный	300—500	—	25—400	До 150	—	1,34—1,43	—	170—190	—	—15÷—40
Винипласт листовой	400—600	40 000	10—50	150	15—16	1,38—1,43	—	70—90	$(6—10)\,10^{-5}$	—10÷—50
Полистирол:										
блочный и эмульсионный	350—400	26000—27000*1	1,5	20—22	14—15	1,05—1,08*2	—	100—108	$8\cdot10^{-5}$	—
ударопрочный А, Б	175—250	—	12—25	30—40	15	1,05—1,07	—	75—80	$8\cdot10^{-5}$	—
Сополимеры стирола НС МСН, МСН-Л	400	19 000—23 500*1	750	20	8,5—15	1,14	—	75	$(7—8)\,10^{-5}$	—
	500	—	700—750	22—23	16—18	1,12	—	75	$(6—8)\,10^{-5}$	—40÷—50

Пластмасса	$\sigma_р$, кгс/см²	E, кгс/см²	δ, %	$a_н$, кгс·см/см²	HB	γ, г/см³	$T_{пл}$, °C	Теплостойкость по Мартенсу, °C	Коэффициент линейного расширения, 1/°C	Морозостойкость (температура хрупкости), °C
Фторопласты	120—420	4700—11 500	20—500	20—160 фторопласт ЗМ не ломается	3—4 8—13	2,02—2,35	327 208—209	65—70	—	—195÷—269
Полиметакрилатный порошок П-1	420	21 000	1—15	15	13	1,2	—	50—74	$(8—12)\times10^{-5}$	—40
Этрол ацетилцеллюлозный 2ДТ-43; 2ДТ-55; Д-30	500—580	22 500	7—8	20—35	4,0—8,0	1,32—1,4	150—170	40—50	$(1—1{,}2)\times10^{-4}$	
Полиуретан ПУ-1	500—600	50—150	50—60	10—20	0,1	1,21	—	60	$(13—13{,}5)\times10^{-5}$	—50
Капрон:										
первичный А, Б, В	550—700	8000—10 000	100—150	100—130	10—12	1,13—1,15	210—218	50—55	$(12—14)\times10^{-5}$	—20
вторичный 610 (ГОСТ 10589—73)	350 500—600	— $(1{,}5—1{,}7)\cdot10^4$	— 100	21—30 100—120	4—5 10—15	1,1—1,2 1,09—1,11	— 213—220	180—200*2 55—60	— $11{,}7\cdot10^{-5}$	— —60
Модифицированный полистирольный пластик АБС	428—509	—	24—38; 133 (АБС-3)	14,5—27	—	1,2	76—95	—	$(8—10)\,10^{-5}$	—

Продолжение табл. 67

Пластмасса	$\sigma_р$	E	δ, %	$a_н$, кгс·см/см²	HB	γ, г/см³	$T_{пл}$	Теплостойкость по Мартенсу	Коэффициент линейного расширения, 1/°С	Морозостойкость (температура хрупкости), °С
	кгс/см²						°С			
Сополимеры АК80/20; АК85/15	600—400	—	150—200	110—130	15—17	1,13	218—224	50—60*²	—	—
Пентапласт А	400	12 600*¹	40—80	28	9—11	1,4	180	160—170*²	—	—
Капролон В	900—950	20 600—23 100	20	100—160	20—25	1,16	—	75	$10 \cdot 10^{-5}$	—50
Анид	700—1000	—	50—100	20—30	—	1,14—1,16	—	65	$10 \cdot 10^{-5}$	—60
Поликарбонат (дифлон)	600—700	22 000—24 000	20—100	120—140	15—16	1,2	235—275	120—130	$6 \cdot 10^{-5}$	—100
Стекло органическое*³										
СОЛ	775 / 710	30 600 / 29 000	23,2 / 3,6	25,5 / 13,0	21,1 / 21,5	1,2	150—160	—	$7,1 \cdot 10^{-5}$	—
СТ-1	830 / 780	30 900 / 32 100	20,0 / 4,0	33,3 / 13,8	23,7 / 23,7	1,19	180	—	$7,7 \cdot 10^{-5}$	—
2-55	1080 / 925	39 800 / 41 000	12,9 / 2,8	32 / 14,8	23,7 / 29,9	1,2	180—190	—	$6,9 \cdot 10^{-5}$	—
Т-2-35	1055 / 1000	39 200 / 4800	10,4 / 3,3	28,9 / 15	— / 27,4	1,2	230	—	$7,56 \cdot 10^{-5}$	
Полиакрилат Д-3	850—900	6000—7000	10	50—80	20—25	1,2	260—275	210*²	—	—100

Продолжение табл. 67

Пластмасса	$\sigma_р$	E	δ, %	$a_н$, кгс·см/см²	HB	γ, г/см³	$T_{пл}$	Теплостойкость по Мартенсу	Коэффициент линейного расширения, 1/°С	Морозостойкость (температура хрупкости), °С
	кгс/см²						°С			
Стеклонаполненный полианид:										
КПС-30	1300—1600	71 000	2,5	20—30	20—21	1,3—1,32	—	195—208	$(10—12) \times 10^{-5}$	—
П68С	200—1400	64 000	1—1,3	20	20—21	1,28—1,3	—	180—200		—60
Стеклонаполненный анид	1490	—	2,0	28—30	21,2	1,4	—	250—260	—	—
Реактопласты										
Массы прессовочные фенольные:										
02-010-02; 03-010-02; 04-010-02; 05-010-02; 08-010-02; 09-200-07	350—375	70 000—80 000	0,6—0,8	5,0—6,0	25—30	1,4—1,45	—	125—140	$(1,5—5,3) \times 10^{-5}$	—50
СП1-342-02; СП2-342-02	280	2000	—	4,5 / 1,9	—	1,4	—	130	—	—

Продолжение табл. 67

Пластмасса	$\sigma_р$	E	δ, %	$a_н$, кгс·см/см²	HB	γ, г/см³	$T_{пл}$	Теплостойкость по Мартенсу	Коэффициент линейного расширения, 1/°С	Морозостойкость (температура хрупкости), °С
	кгс/см²						°С			
Э1-340-02; Э9-342-73; Э10-342-63; Э11-342-63; Э-2-330-02; Э3-340-65; Э3-340-61; Э6-014-30; Э8-361-63	240—550	2000—88 000	0,6—0,7	3,5—5,5 / 1,8—2,9	30—60	1,4—1,85	—	125—250	$(1,9—5,3)\times 10^{-5}$	—60
ВХ1-090-34; ВХ2-090-69; ВХ2-090-68; ВХ3-090-14; ВХ4-080-34	280 (ВХ2-090-69)	56 000—184 000	—	4,5—8	27—40	1,5—1,75	—	115—125	—	—50
У1-301-07; У2-301-07	300	Не менее 600	0,38	9	25	1,45	—	140	$(3—3,5)\,10^{-5}$	—
Ангемит:										
АТМ-1	180—220	—	—	2,75—3,5	—	1,80—1,85	—	170	$0,85\cdot 10^{-5}$	—
КФ-3; КФ-3М	270	—	—	10—34	30—41	1,7—1,95	—	—	$(0,94—2,5)\times 10^{-5}$	—
Волокинт К-138-А	—	—	—	20	19	1,8	—	360	—	—60
Пресс-порошок РСТ	—	—	—	—	—	—	—	110		
Фаолит	120—385	—	—	2,0	20	1,5—1,6	—	100	$(2—3)\,10^{-5}$	—
Пресс-материал № 176	—	—	—	2,5	—	2,0	—	250	—	—

Продолжение табл. 67

Пластмасса	$\sigma_р$	E	δ, %	$a_н$, кгс·см/см²	HB	γ, г/см³	$T_{пл}$	Теплостойкость по Мартенсу	Коэффициент линейного расширения, 1/°С	Морозостойкость (температура хрупкости), °С
	кгс/см²						°С			
Стеклолокнит АГ-4В	800	—	—	30	26—30	1,7—1,9	—	280	$(1—1,5)\,10^{-5}$	—60
ДСВ-2-Р-2М (Л; О; П), ДСВ-4-Р-2М (Л; О; П)	800 (О)	—	—	35—80	—	1,7—1,85	—	280	—	—
Текстолит конструкционный (ГОСТ 5—78):										
ПТК	1000*1	100 000	1	35	25—35	1,3—1,4	—	125	$(3,3—4,1)\times 10^{-5}$	—
ПТ	850	95 000	1	35	25—35	1,3—1,4	—	125	$(3,3—4,1)\times 10^{-5}$	—
Б	—	—	—	20—25	30—45	1,3—1,4	—	120	$(3,3—4,1)\times 10^{-5}$	—
Гетинакс листовой А; Б; В; Вс; Г; Д; Ав; Гв; Вв; Дв; Бв	800—1000	—	1,0	15—20	25	1,3—1,4	—	—	—	—
Стекловолокнистый анизотропный материал СВАМ-Р-2М; СВАМ-ЭН; СВАМ-ТФЭ-Р; СВАМ-ЭР	3500—4500	—	—	180—500	—	1,8—2,0	—	200—300	$2,0\cdot 10^{-5}$	—

Продолжение табл. 67

Пластмасса	$\sigma_р$	E	δ, %	$a_н$, кгс·см/см²	HB	γ, г/см³	$T_{пл}$	Теплостойкость по Мартенсу	Коэффициент линейного расширения, 1/°С	Морозостойкость (температура хрупкости), °С
	кгс/см²						°С			
Пресс-материал: П-5 С; П-75С	2000—2500	—	—	400—500	—	2,0	—	120	—	—
П-2-1; П-2-5	10 000—11 000	—	—	600—700	—	2,0	—	—	—	—
Стекловолокнит АГ-4С	5000	—	—	150	—	1,7—1,9	—	280	$(7—10)\,10^{-5}$	—60
Стеклотекстолит конструкционный *4:										
КАСТ	3300*1 / 2100	206 000 / 123 000	0,5—1,0	80 / 60	24—35	1,9	—	—	—	—
КАСТ-В	3200*1 / 2000	200 000 / 110 000	—	65 / 50	—	1,85	—	245—280	$8{,}3\cdot10^{-5}$	—
КАСТ-Р	2800 / 1700	—	—	70 / 60	—	—	—	—	—	—
ВФТ-С	4000 / 2490	217 000 / —	—	105 / 85	—	1,85	—	240	$7{,}9\cdot10^{-5}$	—
СКМ-1	1600 / —	—	—	—	—	1,77	—	215	$(0{,}5—1{,}0)\times10^{-5}$	—
СК-ФР	3200 / 1600	—	—	—	—	1,8	—	370	—	—

Продолжение табл. 67

Пластмасса	$\sigma_р$	E	δ, %	$a_н$, кгс·см/см²	HB	γ, г/см³	$T_{пл}$	Теплостойкость по Мартенсу	Коэффициент линейного расширения, 1/°С	Морозостойкость (температура хрупкости), °С
	кгс/см²						°С			
Стеклотекстолит электротехнический:										
СТ	— / 700	—	—	12—35	—	1,6—1,85	—	185	—	—
СТ-1	— / 750	—	—	15—45	—	1,6—1,85	—	185	—	—
СТЭФ	— / 1750	—	—	40—140	—	1,6—1,9	—	185	—	—
СТЭФ-1	— / 2000	—	—	50—150	—	1,8—1,9	—	185	—	—
Асботекстолит А; Б	650—1190	140 000—200 000	—	25—35	28—45	1,7	—	250	$(2{,}5—2{,}8)\times10^{-5}$	—
Древесносмолистые пластики марок ДСП	1300—3000	180 000—300 000	—	60—80	25	—	—	180	$(0{,}3—0{,}4)\times10^{-5}$	—

*1 Модуль упругости при изгибе.
*2 Теплостойкость по ВИКА.
*3 В числителе данные для ориентированного стекла, в знаменателе – для неориентированного.
*4 В числителе данные по основе, в знаменателе по утку.

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Композиционные материалы — материалы, образованные объемным сочетанием химически разнородных компонентов с четкой границей раздела между ними. В композиционных материалах сочетаются лучшие свойства различных составляющих фаз — прочность, пластичность, износостойкость и т. п. (табл. 68).

Детали из композиционных материалов изготовляют прессованием, экструзией, прокаткой, вибрационными уплотнениями и т. д. с последующим спеканием в защитной среде.

68. Свойства конструкционных композиционных материалов

Материал	Плотность, г/см³	$\sigma_в$	E
		кгс/мм²	
Волокно бора на алюминиевой связке	2,6	100—120	24 000
Углеродное волокно на алюминиевой связке	2,35	75	15 000
Волокно бора на магниевой связке	2,0	100	22 000
Волокно карбида кремния на титановой связке	4,0	90	21 000
Вольфрам на никелевой связке	12,5	80	465 000
Волокно молибдена на никелевой связке	9,3	70	23 500
Дисперсионные частицы двуокиси гафния на никелевой связке	9,0	50—55	14 000

КЕРАМИКА И СИТАЛЛЫ

Керамика — поликристаллические материалы, получаемые спеканием природных глин и их смесей с минеральными добавками, а также окислов металлов и других тугоплавких соединений. *Ситаллы* — неорганические материалы, получаемые путем направленной кристаллизации стекла. Эти материалы благодаря высоким диэлектрическим свойствам, стойкости в химически активных средах, высоким механическим свойствам нашли широкое применение в электронной, радиотехнической и электротехнической промышленности, в химической промышленности для футеровки емкостей, в металлообработке для изготовления металлорежущего инструмента, деталей, работающих на истирание с одновременным нагревом — фильер для протяжки проволоки, сопл пескоструйных аппаратов и др.

Окисная керамика, состоящая из чистых окислов Al_2O_3; MgO; ZrO_2, сохраняет высокие механические свойства до высоких температур и обладает высокими диэлектрическими свойствами (табл. 69).

69. Основные характеристики окисной керамики

Характеристика	Керамика из окислов		
	алюминия Al_2O_3	циркония ZrO_2	магния MgO
Система кристаллов	Гексагональная	Кубическая (стабилизированная)	Кубическая
Плотность, г/см³	3,99	5,60	3,60
Твердость по минералогической шкале	9	7	5—6
Температура плавления, °С	2050	2700	2800
Средняя удельная теплоемкость кал/(г·°С)	0,260 (20—1000°С)	0,14 (20—1000 °С)	0,233 (20 С°) 0,276 (900 °С)
Коэффициент теплопроводности (при условии нулевой пористости), кал/(см·с·°С)	0,0723 (100°С) 0,0218 (600°С) 0,0131 (1400°С)	$4,66 \cdot 10^{-3}$ (600 °С) $5,01 \cdot 10^{-3}$ (600 °С) $5,83 \cdot 10^{-3}$ (1400° С)	0,0823 (100 °С) 0,0263 (600 °С) 0,0138 (1400 °С)
Коэффициент термического расширения, 1/°С, $\times 10^6$	8,4 (20—1000 °С)	7,7 (70—1000 °С)	13,5 (20—1000 °С)
Предел прочности, кгс/мм²: при сжатии	300 (20 °С) 150 (400 °С) 90 (1000 °С) 10 (1500 °С) 5 (1600 °С)	210 (20 °С) 120 (1000 °С) 80 (1200 °С) 13 (1400 °С) 2 (1500 °С)	140 (20 °С) 150 (400 °С) 115 (1000 °С) — —
при растяжении	26 (10 °С) 24 (800 °С) 13 (1200 °С) 3 (1400 °С) 1,1 (1460 °С)	14,85 (20 °С) 11,25 (885 °С) 9,30 (1030 °С) 8,42 (1200 °С) 1,3 (1540 °С)	9,85 (25° С) 10,7 (400 °С) 11,25 (600 °С) 10 (800 °С) 4,22 (1300 °С)
при изгибе	15,2 (20 °С) 9,5 (1000 °С) 7,6 (1200 °С) 6,1 (1350 °С) 1,7 (1600 °С)	23,3 (20 °С) 16 (1000 °С) 12,2 (1200 °С) 9,5 (1350 °С) 5,4 (1600 °С)	11,0 (20 °С) 10,0 (1000 °С) 8,7 (1200 °С) 7,5 (1350 °С) 4,0 (1600 °С)
Микротвердость	2000—3000	700—900	—
Модуль упругости $E \cdot 10^{-6}$, кгс/см²	3,82 (20 °С) 3,7 (400 °С) 3,45 (800 °С) 2,75 (1200° С) 1,5 (1500 °С)	1,72 (20 °С) 1,30 (465 °С) 1,16 (850 °С) 1,07 (1225 °С) 0,96 (1360 °С)	2,14 (25 °С) 2,10 (400 °С) 1,93 (800 °С) 1,47 (1000 °С) 0,7 (1200 °С)
Термическая стойкость	Хорошая	Удовлетворительная	Удовлетворительная

Механическую обработку керамики и ситаллов производят шлифованием инструментом из синтетических и природных алмазов, а также полированием алмазными порошками и пастами. Таким образом, на изделиях из этих материалов получают параметры шероховатости $Ra = 0{,}008 \div 0{,}01$ мкм по ГОСТ 2789—73. Ситаллы классифицируют по применению и содержанию основной кристаллической фазы. В металлообработке наиболее широко применяют износостойкие и химически стойкие ситаллы (табл. 70).

Детали из керамики и ситаллов соединяют друг с другом и с другими материалами с помощью стеклокристаллического цемента с последующей термической обработкой при 400—600 °С, клеев и замазок на основе эпоксидной смолы и жидкого стекла, металлизацией и последующей пайкой.

70. Основные характеристики ситаллов некоторых классов

Характеристика	Класс ситаллов	
	Магнезиальные	Пироксеновые
Плотность кажущаяся, г/см³	2,5—2,85	2,8—2,95
Водопоглощение, %	0,2	0
Удельная теплоемкость, ккал/(кг·°С)	0,17—0,22	—
Коэффициент теплопроводности, ккал/(м·ч·°С)	0,8—1,8	—
Коэффициент температуропроводности, м²/ч	$(1,5—3,4)\cdot10^{-3}$	—
Термостойкость, °С	До 1000	200
Жаропрочность под нагрузкой, °С	800—1200	1150
Предел прочности при изгибе, кгс/мм²	14—18	40
Ударная вязкость, кгс·см/мм²	45—105	95
Модуль упругости, кгс/мм²	9,9—13,2	14
Коэффициент Пуассона	0,25—0,34	—
Микротвердость	700—970	970—1050

Фарфор — изоляционный материал, основные свойства которого приведены в табл. 71.

71. Основные свойства фарфора

Характеристика	Фарфор		
	Нормальный высоковольтный	Кварц полевошпатный	Глиноземистый
Водопоглощение, %	0	0	0
Предел прочности фарфора при растяжении, кгс/мм²:			
неглазурованного	3,4	4,4	5,9
глазурованного	3,5—5,7	6,5	7,8
Предел прочности при статическом изгибе, кгс/мм²:			
неглазурованного	6—9	9	12,4
глазурованного	7—10	11	15,5
Предел прочности при динамическом изгибе неглазурованного фарфора, кгс/мм²	0,017—0,020	0,020	0,032
Удельное электрическое сопротивление при 20 °С, Ом·см	$10^{12}—10^{13}$	$5\cdot10^{13}$	$6,7\cdot10^{13}$

К химически стойкой керамике относится керамика глиношамотная с грубозернистой и стойкозернистой структурой, а также фарфор (табл. 72).

72. Свойства химически стойкой керамики

Характеристика	Керамика		
	Глиношамотная с грубозернистой структурой	Глиношамотная с тонкозернистой структурой	Фарфор
Водопоглощение, %	2—10	0,2—3	0—0,2
Предел прочности, кгс/мм²:			
при сжатии	3—9	8—15	40—50
при растяжении	0,6—1	2,5	3,0—6,0
при изгибе	1—2	2,5—7	5,0—12,0
Кислотостойкость, %	95—98	97—99,5	94,5—99,7
Количество теплосмен при нагреве до 350 °С и охлаждении до 20 °С в воде	До 20	До 30	Св. 15
Коэффициент линейного расширения $\alpha\cdot10^6$, 1/°С	2,5—5,5	2,5—6,0	4,0—6,0
Коэффициент теплопроводности, ккал/(м·ч·°С)	0,7—1	1,2—2,4	1,4—1,6

ПОКРЫТИЯ

Покрытия наносят на изделия из различных материалов для защиты изделий от коррозии, придания им декоративного вида, создания специальных поверхностных свойств (электропроводности, теплопроводности, электроизоляционных, магнитных и немагнитных свойств, светоотражающей или светопоглощающей способности, износостойкости и др.). Покрытия могут быть металлическими и неметаллическими неорганическими (оксидные, фосфатные, фторидные и др.), пластмассовыми, резиновыми, лакокрасочными.

При выборе покрытий необходимо учитывать их назначение, условия эксплуатации, материал детали, свойства и характеристику покрытий, способ нанесения покрытий, допустимость и недопустимость контактов сопрягаемых материалов.

Условия эксплуатации металлических и неметаллических органических покрытий делят на группы: легкие Л; средние С; жесткие Ж; очень жесткие ОЖ. Характеристики условий приведены в ГОСТ 14007—68. Эти покрытия классифицируют по способу получения, материалу, физико-механическим и декоративным свойствам (табл. 73—76).

73. Обозначение способов нанесения покрытий

Способ получения покрытий	Обозначение
Катодное восстановление	—
Химический	Хим
Анодное окисление	Ан
Горячий	Гор
Диффузионный	Диф
Металлизационный	Мет
Конденсационный	Кон
Контактный	Конт
Вжигание	Вж
Катодное распыление	Кат-рас

74. Обозначение металлических покрытий

Материал покрытия	Обозначение *	Материал покрытий	Обозначение *
Железо	Ж	Никель — кобальт—фосфор	Н-Ко-Ф
Золото	Зл	Олово	О
Золото—серебро	Зл-Ср	Олово—висмут	О-Ви
Золото—сурьма	Зл-Ср	Олово—кобальт	О-Ко
Индий	Ин	Олово—свинец	О-С
Кадмий	Кд	Олово—цинк	О-Ц
Кобальт	Ко	Олово—никель	О-Н
Медь	М	Серебро	Ср
Медь—олово	М-О	Серебро—сурьма	Ср-Су
Медь—олово—цинк *	М-О-Ц	Серебро—палладий	Ср-Пд
Медь—цинк	М-Ц	Хром	Х
Никель	Н	Цинк	Ц
Платина	Пл	Цинк—никель	Ц-Н
Палладий	Пд	Окислы	Окс
Родий	Рд	Фосфаты	Фос
Рутений	Ру	Алюминий	А
Свинец	С	Золото—платина	Зл-Пл
Титан	Ти	Алюминий—цинк	А-Ц
Никель—вольфрам	Н-В	Рений	Ре

* В обозначение покрытий, состоящих из сплава, включается максимальное процентное содержание первого или первого и второго компонентов сплава (в случае трехкомпонентного сплава). Например, медно-оловяно-свинцовое покрытие с массовой долей меди 70—78 %; олова 10—18% и свинца 4—20 % обозначают М-О-С (78; 18).

75. Обозначение признаков, характеризующих физико-механические свойства покрытий

Признак покрытия	Обозначение
Микропористое	пор
Твердое	тв
«Молочное»	мол
Электроизоляционное	из

76. Обозначение видов дополнительной обработки покрытий

Вид дополнительной обработки покрытия	Обозначение
Фосфатирование	фос
Хроматирование	хр
Оксидирование	окс
Оплавление	опл
Пропитка	прп
Гидрофобизирование	гфж
Пропитка маслом	прм
Наполнение в воде	нв
Наполнение в растворе красителя	по ГОСТ 21484—76
Нанесение лакокрасочного покрытия	лкп

Защитные свойства покрытий зависят от возможности взаимодействия материалов покрытия и детали (табл. 77). Основные свойства металлических и неметаллических неорганических покрытий и их назначение приведены в табл. 78 и 79. Технология нанесения покрытий и методы контроля качества приведены в ГОСТ 16976—71. Свойства покрытий из пластмасс и резины приведены в табл. 80.

77. Особенности контакта между металлами и неорганическими покрытиями в различных условиях эксплуатации

Соединяемые металлы и покрытия	Золото, платина, палладий, родий	Серебро	Хромоникелевые стали	Хром	Медь и ее сплавы	Никель	Олово и его сплавы	Свинец и его сплавы	Титан и его сплавы	Стали: хромистые	Стали: углеродистые	Кадмий	Алюминий и его сплавы оксидированные	Цинк и цинковые покрытия: хроматированные	Цинк и цинковые покрытия: фосфатированные	Магний и его сплавы оксидированные
	Условия эксплуатации*1															
	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож
Олово и его сплавы	0011	0011	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0222	0011	0011	0011	0000	2222
Свинец и его сплавы	0222	0222	0011	0011	0011	0011	0000	0000	0000	0011	0222	0011	0111	0011	0000	2222
Титан и его сплавы	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0222	1122	1122	1122	0011	2222
Хромистые стали	0000	0000	0000	0000	0011	0000	0000	0000	0000	0000	0222	0222	0111	0222	0222	2222
Стали углеродистые низколегированные	1222	1222	0222	0222	0222	0222	0222	0222	0222	0222	0000	0222	0222	1222	0022	2222
Кадмий и кадмиевые покрытия хроматированные	2222	2222	0222	0222	1222	0222	0011	0011	1122	0222	0222	0000	0000	0000	0000	2222
Алюминий и его сплавы оксидированные	2222	2222	0222	0011	1222	0222	0011	0111	1122	0111	0222	0000	0000	0000	0000	2222
Цинк и цинковые покрытия хроматированные	2222	2222	1222	0222	2222	0222	0011	0011	1122	0222	1222	0000	0000	0000	0000	2222
Цинк и цинковые покрытия фосфатированные	2222	2222	1222	0122	0011	0011	0000	0000	0011	0222	0022	0000	0000	0000	0000	2222
Магний и его сплавы оксидированные	2222	2222	2222	2222	2222	2222	2222	2222	2222	2222	2222	2222	2222	2222	2222	0000

*1 Условия эксплуатации: л — легкие; с — средние; ж — жесткие; ож — очень жесткие.

Обозначения: 0 — при соприкосновении коррозии не происходит; 1 — при соприкосновении возможна незначительная коррозия; 2 — при соприкосновении возникает сильная коррозия.

78. Свойства и назначение металлических покрытий

Покрытие	Способ получения	Свойства покрытий	Назначение
Цинковое	Диф, Мет, Гор, катодное восстановление	*НВ* 40—50; интервал рабочих температур $-70 \div +250$ °С; обладают хорошим сцеплением с деталью; хорошо работают на изгиб; износостойкость низкая	Защита от коррозии стали, чугуна, меди и ее сплавов
Кадмиевое	Катодное восстановление	*НВ* 12—40; интервал рабочих температур ± 60 °С; обладают высокой пластичностью, хорошо паяются, выдерживают изгиб, развальцовку, вытяжку, хорошо притираются, устойчивы в морской среде, щелочных растворах, неустойчивы в среде сернистых газов, масел, бензина	Защита от коррозии, в том числе в морских условиях; для обеспечения притирочных свойств деталям при сборке
Никелевое	Хим, катодное восстановление	*НВ* 150—600; легко полируются; коррозионностойкие при температурах до +650 °С	Защита от коррозии пружин, корпусов и других деталей; декоративная отделка; придание поверхностной твердости, получение светоотражающей или светопоглощающей (черный никель) поверхности. Придание магнитных свойств (Н—Ко)
Хромовое	Диф, катодное восстановление	*НВ* 750—110; химически стойкие за исключением среды соляной кислоты, галогеноводородных соединений; устойчивы в условиях тропического климата	Защита от коррозии, декоративная отделка, увеличение твердости деталей, работающих на трение; получение светопоглощающей (черной) или светоотражающей поверхности

Медное	Хим, Мет, Вж, катодное восстановление	*НВ* 60—150; электрическое сопротивление при температуре 18 °С равно $1{,}682 \times 10^{-6}$ Ом·см; обладают высокой прочностью сцепления, эластичностью, выдерживают глубокую вытяжку, развальцовку, хорошо паяются, полируются, быстро окисляются	Обеспечение способности к пайке, электропроводности, экранирование от магнитного потока
Оловянное и его сплавами	Хим, Гор, Мет, катодное восстановление	*НВ* 15—20; эластичны; устойчивы к сероводороду, органическим кислотам, воздействию тропического климата; выдерживают изгибы, вытяжку, развальцовку	Защита при азотировании, гуммировании, защита от коррозии, обеспечение способности к пайке (О—Вп); декоративная отделка (О—Н)
Серебряное и его сплавами	Хим, Вж, катодное восстановление	*НВ* 50—150; электрическое сопротивление при 18 °С равно $1{,}5 \cdot 10^{-6}$ Ом·см; отражательная способность свежего покрытия 90—95%; хорошо паяются; износостойкость пониженная; у сплавов Ср—Су твердость *НВ* до 220; тускнеют и темнеют в атмосфере серы, хлора, аммиака	Улучшение электропроводности, износостойкости (Ср—Су, Ср—П); обеспечение отражательной способности
Золотом и его сплавами	Хим, катодное восстановление	*НВ* 40—100; электрическое сопротивление при 18 °С равно $2{,}213 \cdot 10^{-6}$ Ом·см; обладают высокой теплопроводностью, хорошо обеспечивают сварку. Сплавы Зл—ср; Зл—Н; Зл—К износостойки и обладают твердостью *НВ* до 200	Снижение переходного сопротивления контактов; повышение их износостойкости
Палладиевое	То же	*НВ* 200—350; электрическое сопротивление при 18 °С равно $10{,}8 \cdot 10^{-6}$ Ом·см; в контакте с пластмассами на покрытии образуются темные пленки, увеличивающие переходное сопротивление	Обеспечение электропроводности, снижение износостойкости контактов
Родиевое	»	*НВ* 400—800; отражательная способность 73—75%; покрытия стойки к кислотам, щелочам	Повышение электропроводности, износостойкости, отражательной способности

79. Свойства и назначение неорганических неметаллических покрытий

Покрытие	Материал деталей	Свойства	Назначение
Оксидное	Сталь; медь и ее сплавы, магниевые сплавы	Защитные свойства невысокие, повышаются при обработке покрытий маслами, лаками, гидрофобизирующими жидкостями	Межоперационное хранение; декоративная отделка и защита от коррозии (медь, магний и их сплавы)
Окисно-фторидное; окисно-фосфатное	Алюминий и его сплавы	Обладают эластичностью, хорошей адгезией с металлом; окисно-фосфатное покрытие неэлектропроводно, является хорошим грунтом под окраску	Декоративная отделка и защита от коррозии
Хроматно-фторидное	То же	Обладают токопроводящими свойствами, стабильностью переходного сопротивления, являются хорошим грунтом под окраску, механически непрочны	Обеспечение стабильного переходного сопротивления
Фосфатное	Стали	Обладают высоким электрическим сопротивлением, термостойкостью до +300 °С, не подвергаются пайке и сварке; защитные способности появляются после дополнительной обработки маслами, лаками	Защита от коррозии создание непроводящего поверхностного слоя, твердая смазка под вытяжку
Пассивное	Стали, медь и ее сплавы	Для повышения коррозионной стойкости применяют дополнительную пропитку маслами, лаками	Защита от коррозии
Окисное анодизационное	Алюминий и его сплавы; медь и ее сплавы, магниевые сплавы, титан и его сплавы	Твердость покрытия на алюминии и его сплавах *НВ* 280—440; электроизоляционные покрытия имеют пробивное напряжение до 600 В; электрическая прочность возрастает при пропитке покрытия лаками; эматалевые пленки на алюминии и окисные на титане обладают износостойкими свойствами	Защита от коррозии, придание электроизоляционных свойств; получение светопоглощающей поверхности (медь), защита от задиров при трении (титан), грунты под окраску

80. Пластмассовые и резиновые покрытия

Материал	Толщина покрытия, мм	Покрытия наносят на				Грунт под покрытие	Температура нагрева при			δ, %	Рабочая температура, °С		Покрытие стойко					Покрытие наносят на поверхности			
		М	Д	Б	Т		Н	П	СВ		От	До	к	щ	о	б	с	в	н	д	т
Полиэтилен ВД	0,1—1	+	+		+	—	—	240	—	200	—50	100	+	+	—	+	+	+	+	+	—
Полиэтилен НД	0,1—1	+	+	+		—	280	—	220	200	—50	100	+	+	—	+	+	+	+	+	—
Полиизобутилен ПСГ	0,5—2	+	+		+	Клей 88-Н	—	20	—	200	—40	80	+	+	—	—	+	+	—	—	—
Полипропилен	0,1—1	+	+	+		—	250	—	—	200	—30	150	+	+	—	+	+	+	+	+	+
Винипласт	0,3—1	+		+		ХСГ	—	170	—	15	—30	70	+	+	+	+	+	+	—	—	—
Поливинилхлоридная паста	0,1—1	+	+		+	—	—	—	160	100	—30	70	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Фторопласт-4Д, 4ДП	0,05	+				—	—	—	370	75	—200	250	+	+	+	+	+	+	+	—	+
Фторопласт-3, 3М	0,15	+				—	—	—	330	75	—100	120	+	+	+	+	+	+	+	—	+
Масса на основе поливинил-бутираля ПНФ-12, ТПФ-37	0,1—1	+				—	320	—	240	50	—40	120	+	+	—	+	—	—	+	+	+
Капрон; полиамид П-68; полиамид П-АК-7	0,1—1	+				—	260—300	—	220	30	—40	120	—	+	—	+	+	+	+	+	+
Эпоксидная смола с стекловолокном	0,5—2	+		+		—	20	—	—	10	—40	100	+	+	—	+	+	+	+	—	—
Сырая резина на каучуках:																					
СКБ, СКС	0,5—2	+			+	Клей лейконат	—	—	150	200	—40	90	+	+	—	—	+	+	+	—	+
СКН-40	0,5—2	+			+	То же	—	—	150	200	—40	90	+	+	+	+	+	+	+	—	+
Жидкий найрит	0,5—2	+				—	20	—	—	200	—40	90	+	+	+	+	+	+	+	—	—

Условные обозначения: 1. Знаки «+» означают пригодность, знаки «±» неполную пригодность, знаки «—» непригодность покрытия для данных материалов и условий.
2. Покрытия наносят: М — на металл; Д — на дерево; Б — на бетон; Т — на ткань.
3. Температура нагрева: Н — при напылении; П — при плакировании; СВ — при спекании или вулканизации.
4. Покрытие стойко: к — в кислотах; щ — в щелочах; о — в окислителях, б — в бензине, с — в спирте.
5. Покрытие наносят на поверхности: в — внутренние; н — наружные; д — декоративные, т — трущиеся.

ЛАКОКРАСОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Лакокрасочные материалы — многокомпонентные составы, способные при нанесении тонким слоем на поверхность изделий высыхать с образованием тонкой пленки, удерживаемой силами адгезий. Применяют для получения защитных, декоративных и электроизоляционных покрытий на различных изделиях.

Обозначения лакокрасочных материалов в зависимости от наименования смол, эфиров, целлюлозы и масел, входящих в состав пленкообразующих веществ, приведены в табл. 81, а классификация покрытий по внешнему виду в табл. 82.

По составу и назначению лакокрасочные материалы подразделяют на лаки, грунтовки, шпатлевки, краски (в том числе эмали, табл. 83, 84).

Рекомендуемые сочетания грунтовок с эмалями (лаками) и материалами окрашиваемых поверхностей приведены в табл. 85.

81. Условные обозначения групп лакокрасочных материалов по назначению (ГОСТ 9825—73)

Группа	Обозначение	Группа	Обозначение
Атмосферостойкие	1	Маслобензостойкие	6
Ограниченно атмосферостойкие (под навесом и внутри помещений)	2	Химически стойкие	7
		Термостойкие	8
		Электроизоляционные	9
Водостойкие	4	Грунтовки	0
Специальные	5	Шпатлевки	00

82. Классификация лакокрасочных материалов по составу пленкообразователя (ГОСТ 9825—73)

Наименование смол, эфиров, целлюлозы, масел	Обозначение	Наименование смол, эфиров, целлюлозы, масел	Обозначение
Канифольные	КФ	Полиакриловые	АК
Битумные	БТ	Сополимерно-акриловые	АС
Глифталевые	ГФ	Нитроцеллюлозные	НЦ
Феольные	ФЛ	Этилцеллюлозные	ЭЦ
Полиэфирные неиасыщенные	ПЭ	Перхлорвиниловые	ХВ
Меламинные	МЛ	Сополимерно-винилхлоридные	ХС
Мочевинные	МЧ	Дивиниилацетиленовые	ВН
Фенолалкидные	ФА	Поливиниилацетальные	БЛ
Эпоксидные	ЭП	Масляные	МА
Эпоксиэфирные	ЭФ	Кремнийорганические	КО
Алкидно- и масляностирольные	МС	Полиамидные	АД
Полиуретановые	УР	Пентафталевые	ПФ
		Фторопластовые	ФП

83. Свойства и назначение грунтовок и шпатлевок

Наименование, марка, ГОСТ, ТУ	Цвет*1	Режим сушки: Температура, °С	Режим сушки: Длительность	Свойства и назначение
Грунтовки				
Сополимеры виинилхлорида: ХС-010, (ГОСТ 9355—60)	К-К	18—23 60	1 ч 0,5 ч	Наносят на черные металлы, медь и ее сплавы, под перхлорвиниловые и сополимерные эмали в комплексе химически стойких, атмосферостойких, масло- и бензостойких покрытий. Подготовка поверхности — пескоструйиая, дробеструйная обработка, фосфатирование
ХС-059 (ГОСТ 23 494—79)	К-К	18—23	24 ч	Наносят на черные металлы, алюминий и его сплавы под сополимерные и перхлорвиниловые эмали в комплексе химически стойких и атмосферостойких покрытий
Глифталевая, ГФ-0119 (ГОСТ 23 343—78)	К-К	18—23 100—110	12 ч 35 мин	Наносят на черные металлы, медь и ее сплавы под различные эмали, обладают удовлетворительиой противокоррозиоиной стойкостью, маслостойкостью
Фенольно-формальдегидиые ФЛ-ОЗК, ФЛ-ОЗЖ (ГОСТ 9109—76)	К-К	10—23 100—110 175	12 ч 35 мин 15 мин	Наиосят под различные эмали; обладают повышеиной противокоррозионной стойкостью; ФЛ-ОЗК наносят иа черные металлы, медь и ее сплавы, припои; ФЛ-ОЗЖ наиосят иа коррозиоиностойкие стали, алюмииий
Масляные: КФ-030 (МРТУ-10-698—67)	Ж	18—23 70—80	40 ч 4 ч	Наносят иа алюминий и его сплавы в комплексе атмосферостойких покрытий; КФ-030 под масляные, глифталевые пентафталиевые, меламиниые, мочевиниые, феиольные, кремнийорганические покрытия; ФЛ-086 под перхлорвиниловые, нитроцеллюлозные, масляные, глифталевые, пентафталевые, меламинные и мочевинные эмали
ФЛ-086 (ГОСТ 16 302—79)	Ж	18—23 80	5 ч 2 ч	
Алкидно-стирольная МС-015	К-К	18—23	2 ч	Наносят на черные металлы в комплексе с алкидностирольными эмалями для покрытий внутри помещений
Пентафталевая ПФ-020 (ГОСТ 18 186—79)	К-К	100—110	25 мин	Наносят на черные металлы и дерево в комплексе атмосферостойких покрытий

Продолжение табл. 83

Наименование, марка, ГОСТ, ТУ	Цвет*1	Режим сушки: Температура, °С	Режим сушки: Длительность	Свойства и назначение
Акриловая АК-070 (МРТУ6-10-894—69)	Ж	18—23	1 ч	Наносят на оксидированные алюминиевые и магниевые сплавы, на места паек припоями ПОС 40; ПОС 61 под сополимерные и перхлорвиниловые эмали
Поливинилбутиральные ВЛ-02; ВЛ-08	Ж	18—23	15 мин	Наносят на цветные металлы под перхлорвиниловые, масляные, глифталевые, пентафталевые, а при окраске черных металлов под алкидностирольные и поливинилбутиральные эмали в комплексе атмосферостойких и водостойких покрытий
Эпоксидная ЭП-09Т (ТУ-6-10-1155—71)	Ж, К	150	1 ч	Наносят на черные и цветные металлы под эпоксидные, нитроэпоксидные эмали в комплексе атмосферостойких покрытий без воздействия солнечной радиации
Меламиноформальдегидная ЭФ-083 (ГОСТ 20 468—80)	С	148—152	20 мин	Наносят на черные металлы под меламинную эмаль МЛ-729 в комплексе бензо- и маслостойких покрытий
Шпатлевки (ГОСТ 10277—76)				
Перхлорвиниловые ХВ-005	С	18—23 60	2,5 ч 1 ч	Наносят под сополимерные и перхлорвиниловые эмали. При применении других эмалей шпатлевки необходимо перекрыть грунтовкой; ХВ-005 применяют для сплошного и местного шпатлевания; ХВ-004 — только для местного
ХВ-004	З	18—23	2 ч	
Пентафталевая ПФ 002	К-К	18—23	24 ч или	Применяют для сплошного и местного шпатлевания под различные эмали (перед нанесением нитроцеллюлозных и перхлорвиниловых эмалей шпатлевку следует перекрыть грунтом)
		18—23 затем	3 ч	
		80	1 ч	
Масляная КФ-003	К, Защ	100	1 ч	Применяют для сплошного и жесткого шпатлевания под масляные и глифталевые и пентафталевые эмали для покрытий, стойких внутри помещения
Нитроцеллюлозная НЦ-007	К-К	18—23	1 ч	Применяют для исправления незначительных дефектов под нитроцеллюлозные эмали
Алкидно-стирольная МС-006	Р	18—23	15 мин	Применяют для исправления незначительных дефектов под меламинные, мочевинные, глифталевые, пентафталевые, алкидностирольные эмали

Продолжение табл. 83

Наименование, марка, ГОСТ, ТУ	Цвет*1	Режим сушки: Температура, °С	Режим сушки: Длительность	Свойства и назначение
Эпоксидные: ЭП-0010	К-К	18—23	24 ч	Применяют как самостоятельное химически стойкое покрытие и с перекрытием эпоксидными эмалями, для выправки дефектов глубиной до 2 мм, а с наполнителем до 5 мм
ЭП-0020	К	18—23	24 ч	Применяют для выправки углублений глубиной до 5 мм, в качестве грунтовки под эпоксидные эмали

*1 К — красный; К-К — красно-коричневый; Ж — желтый; С — серый; З — зеленый; Р — розовый; Защ — защитный; Ч — черный

84. Свойства и назначение лакокрасочных материалов

Способ нанесения покрытий	Условия сушки, характеристика покрытий
Пентафталевые ПФ	
Кистью, распылением, обливанием, окунанием, в электростатическом поле (по глифталевым и фенольным грунтовкам)	Высыхают при 18—23 °С за 24—28 ч; при 100—110 °С за 3—4 ч. Покрытия эластичны, устойчивы к механическим воздействиям, атмосферостойкие. Имеют хороший глянец. Применяют для окраски приборов и других изделий
Глифталевые ГФ	
То же	Высыхают при 18—23 °С за 24—36 ч, при 80—100 °С за 1,5 ч. Характеристики близки к характеристикам пентафталевых, но атмосферостойкость ниже. Применяют для защитной и декоративной окраски приборов и машин
Меламиноалкидные МЛ	
Распылением пневматическим и в электростатическом поле (по глифталевым и фенольным грунтовкам)	Высыхают при 110—140 °С за 1—1,5 ч. Обладают высокой твердостью, эластичностью, хорошим глянцем, высокой атмосферостойкостью. Применяют для декоративной окраски приборов и машин
Мочевинные МЧ	
То же, что для пентафталевых	На древесине высыхают в естественных условиях при добавлении отвердителя (соляная кислота, контакт Петрова); на металлах высыхают при 120—140 °С. Обладают высокой твердостью, зеркальным блеском, бензомаслостойкостью. Применяют для окраски металлических и деревянных изделий

Продолжение табл. 84

Способ нанесения покрытий	Условия сушки, характеристика покрытий
Феиольные смолы ФП	
Распылением, окунаиием, кистью (по фенольиым грунтовкам)	Высыхают при 18—23 °С за 24—30 ч, при 180 °С — за 30 мин. Эластичные, с высокой твердостью, атмосферостойкие (содержащие растительные масла). Применяют для окраскн металлических изделий
Эпоксидные смолы ЭП	
Распылением, кистью (по эпоксидным, феиольиым, поливинилацетатиым грунтовкам и эпоксидным, перхлорвиниловым шпатлевкам)	Для высыхания добавляют отвердитель (№ 1, АЭ-4). Сушат при 18—20 ° С 25 ч или при 120—180 °С в течение 1—2 ч. Обладают высокой твердостью, атмосферостойкостью, бензостойкостью, водостойкостью, стойкостью к воздействию щелочей, длительной теплостойкостью при 200 °С, стойкостью к температурным перепадам — 60 ÷ +200 °С, высокими электроизоляциоиными свойствами. Применяют для окраски металлических изделий
Полиэфиры неиасыщенные ПЭ	
Распылением, поливом (по порозаполнителю, шпатлевке и без них)	Сушка ступенчатая: 18—20 °С 20 мин, затем 60 °С 30 мин. Обладают стойкостью к действию воды и растворителей, нагреву и охлаждению. Применяют для высококачественной окраски деревянных корпусов
Полиуретановые УР	
Распылеиием, окуианием, кистью (по груитовке УР-01 или по металлу)	Высыхают при 18—20 °С за 9 ч или при 120 °С за 1,5 ч. Обладают газонепроиицаемостью, твердостью, бензостойкостью, эластичностью, стойкостью к истиранию. Применяют для окраски изделий из черных и цветных металлов, анодированного дюралюмина
Нитроцеллюлозные НЦ	
Распылеиием (по глифталевым и феиольным грунтовкам)	Высыхают при 18—23 °С за 30 мин. Стойки к мииеральным маслам, бензину, слабым щелочам. Пожаро- и взрывоопасны. Применяют для окраски изделий из металла и древесины
Перхлорвиниловые ХВ	
Распылеиием (по глифталевым, фенольным и перхлорвиниловым груитовкам)	Высыхают при 18—23 °С за 1—3 ч или при 60 °С за 0,5—1 ч. Для окончательного отверждения иеобходима выдержка при 18—23 °С ие менее 7 суток. Обладают атмосферостойкостью, химической стойкостью, бензо- и маслостойкостью, невысокой светостойкостью и термостойкостью. Применяют для окраски изделий из металла и древесины, в том числе подвергающихся кратковременному воздействию морской и пресной воды

Продолжение табл. 84

Способ нанесения покрытий	Условия сушки, характеристика покрытий
Сополимеры винилхрорида ХС	
Распылением (по глифталевым и перхлорвиннловым грунтовкам)	Высыхают при 18—23 °С за 1—3 ч или при 60 °С за 0,5—1 ч. Обладают большей адгезией, химической стойкостью и морозостойкостью, чем перхлорвиниловые. Применяют для окраски оптнческих приборов
Алкидностирольные МС	
Распыленнем пиевматическим и в электрическом поле, кистью	Высыхают при 18—23 °С за 1,5—2 ч. Обладают твердостью, стойкостью к повышенной влажности, солевым растворам, маслам, бензину, щелочным эмульсиям. Применяют для исправления дефектов в процессе окраски молотковыми эмалями (МП)
Каучуки КЧ	
Пневматическим распылением	Высыхают при 150—180 °С за 1 ч; обладают твердостью, эластичностью, атмосферостойкостью, бензо- и маслостойкостью. Применяют для окраски оптнко-механических приборов
Кремнийорганические КО	
Распылением, кистью	Высыхают при 18—23 °С за 24 ч или при 150—170 °С за 2 ч. Обладают повышенной термостойкостью (250—500 °С), атмосферостойкостью, водо-, бензо- и маслостойкостью. Применяют для окрашивания изделий из фосфатированных сталей и анодированных алюминиевых сплавов, работающих при повышенных температурах
Полиакриловые АК, АС	
Распылением (по эпоксидным, фенольным и полиакриловым грунтовкам)	Высыхают при 18—23 °С за 24 ч или прн 100 °С за 2 ч. Покрытие атмосферостойкое и смазкам и спиртам, маслостойкое. Применяют для окраски шкал приборов, стеклотекстолита, деталей приборов и машин
Поливинилацетальные ВЛ	
Распылением, окунанием, кистью	Высыхают при 18—23 °С за 24 ч или при 120 °С ва 1—4 ч. Покрытие водостойкое, масло- и бензостойкое. Применяют для окраски изделий из сталей, алюминиевых и магниевых сплавов, работающих при повышеиной температуре в среде бензина и минеральных масел
Битумы БТ	
То же	Высыхают при 18—23 °С за 20—24 ч. Покрытия влагостойкие и химически стойкие. Применяют в электроаппаратостроении
Масляно-лаковые (канифольные) КФ	
Распылением, окунанием, кистью, в электрическом поле (без грунтовки по металлу и дереву)	Высыхают при 18—23 °С за 24—30 ч или при 60—65 °С за 4 ч. Покрытия атмосферостойкие, эластичные. Применяют для окраски деталей, приборов и машин, декоративной окраски металлических и деревянных поверхностей

85. Сочетания грунтовок с эмалями (лаками) и материалами окрашиваемых поверхностей

Лакокрасочные материалы	Черные металлы	Алюминий и сплавы на его основе	Медь, латунь, бронза	Магниевые сплавы	Цинк	Сталь кадмированная
	ГФ-020, ФЛ-03к, ФЛ-03кк	ФЛ-03ж, ГФ-031	ФЛ-03к, ФЛ-03кк	ФЛ-03ж, ГФ-031	ФЛ-03ж ГФ-031	ФЛ-03ж ФЛ-03к ФЛ-03кк ГФ-031
Алкидные ПФ и ГФ	+++	+ и КФ-030	++++	++++	++++	++++
Меламинные МЛ	+++	++ и КФ-030	++++	++++	++++	++++
Мочевинные МЧ	+++	+ и КФ-030	++++	++++	++++	++++
Фенольные ФП	+ и ЭП-09Т	— ЭП-09Т	— ЭП-09Т	— ЭП-09Т	— ЭП-09Т	— ЭП-09Т
Эпоксидные ЭП	+ можно	Без грунта	Без грунта	—	—	—
Алкидностирольные МС	без грунта					
Нитроцеллюлозные НЦ	+	+	+	+	+	+
Перхлорвиниловые ХВ	+ и ХС-010	+ и ХС-010	+ и ХС-010	+	+	+
На основе сополимеров винилхлорида ХС	+ и ХС-010	+	+ и ХС-010	+	+	+
Кремнийорганические К, КО*	+ можно	ФЛ-03ж и КФ-030	—	—	—	—
Полиакриловые АС, АК	без грунта	ФЛ-03ж, ЭП-09Т и без грунта	+ и ЭП-09Т без грунта	ФЛ-03ж и ЭП-09Т	ФЛ-03ж и ЭП-09Т	+ и ЭП-09Т
Поливинилацетальные ВЛ	+ и ЭП-09Т	Без грунта	Без грунта	Без грунта	—	Без грунта
Битумные БТ	Без грунта	Без грунта	—	—	—	—
Масляные эмали КФ	+ Без грунта	+	Без грунта	+	+	+
	+					

* Для эксплуатации при высоких температурах.

Примечание. Знак «+» означает пригодность, а знак «—» — непригодность грунтовок, перечисленных в верхней части таблицы для данного лакокрасочного материала; марки грунтовок рядом со знаками являются дополнительно применимыми.

В обозначение марки лакокрасочного материала входят буквенное обозначение группы (см. табл. 82) и несколько цифр, первая из которых указывает назначение материала (см. табл. 84), а остальные составляют порядковый номер регистрации материала. Например: эмаль ХВ-16 — перхлорвиниловая эмаль (ХВ), атмосферостойкая 1, регистрационный номер 6; грунтовка ГФ-020 — глифталевая ГФ грунтовка 0, регистрационный номер 20.

В обозначении покрытий на изделии указывают дополнительно условия эксплуатации (ГОСТ 9.104—79) и требования к внешнему виду покрытия (табл. 86).

86. Классификация покрытий по внешнему виду

Класс покрытия	Характеристика внешнего вида
I	Поверхность ровная, гладкая, однотонная; не допускаются дефекты поверхности, видимые без применения увеличительных приборов
II	Поверхность ровная, гладкая, однотонная или с характерным рисунком. Допускаются отдельные малозаметные без применения увеличительных приборов соринки, следы зачистки, риски, штрихи и пр. Рисунчатые покрытия должны иметь четкий рисунок без непроявленных участков
III	Поверхность однотонная, гладкая или с характерным рисунком. Допускаются отдельные, заметные без применения увеличительных приборов соринки, следы зачистки, риски и штрихи, а также неровности, связанные с состоянием окрашиваемой поверхности до окраски
IV	Поверхность однотонная с характерным рисунком. Допускаются различные заметные дефекты, не влияющие на защитные свойства покрытий

КЛЕИ

Клеи предназначены для неразъемного соединения металлов и неметаллических материалов (табл. 87—89).

87. Рекомендуемые марки клея для склеивания различных материалов и минимальная рабочая температура, °С

Марка	Материалы											
	Пластмассы порошковые	Винипласты	Полиэтилен	Фторопласт-4	Полипропилен	Оргстекло	Целлулоид	Древесные материалы	Полистирол блочный	Текстолитил	Стеклотекстолиты	Пенопласты	Теплоизоляционные материалы
АМК	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	150
БФ-2*1	60	—	—	60	—	—	—	—	—	60	60	—	—
БФ-4*	—	—	—	—	—	—	—	60	—	—	—	—	—
В-107	—	—	—	—	—	—	—	60	—	—	—	—	—
ВИАМ-19	80	—	—	—	—	—	—	—	—	80	—	80	80

Продолжение табл. 87

Марка	Материалы												
	Пластмассы порошковые	Винипласты	Полиэтилен	Фторопласт-4	Полипропилен	Оргстекло	Целлулоид	Древесные материалы	Полистирол блочный	Текстолитил	Стеклотекстолиты	Пенопласты	Теплоизоляционные материалы
В-31-Ф9	80	—	60	—	80	150	—	60	—	80	—	100	100
ВК-32-2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	200
ВК-32-200	200	—	—	200	—	—	—	—	—	100	200	—	—
ВК-32-ЭМ*1	80	—	—	—	—	—	—	—	—	80	80	80	—
ВКТ-2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	400
ВКТ-3													
ВС-10М*1	150	—	—	—	—	—	—	—	—	100	150	—	—
ВС-10Т*1	150	—	—	150	—	—	—	—	—	150	150	—	—
ВС-350*1	250	—	—	250	—	—	—	—	—	100	300	—	—
Карбонильные*1	60	—	—	20	—	—	—	—	—	60	—	—	—
К-17*1	—	—	—	—	—	—	—	60	—	—	—	—	—
К-32-70*1	—	—	—	—	—	100	—	—	—	—	—	—	—
К-153*1	80	—	—	80	—	—	80	60	—	80	80	120	80
Л-4*1	80	—	—	—	—	—	—	60	—	80	80	80	—
ПВ-16	—	—	—	—	—	60	—	—	—	—	—	—	—
ПК-5*1	60	—	—	60	—	—	—	—	—	60	—	—	—
ПУ-2*1	80	60	60	80	80	150	80	60	60	80	80	120	—
ПУ-2М*1	80	60	60	80	60	—	80	60	60	80	—	80	100
№ 88	—	—	20	—	20	—	—	—	—	—	—	—	80

*1 Клеи пригодны для склеивания металлов с указанными в таблице материалами, если температурный режим склеивания не превышает рабочей температуры материала.

Примечание. Склеивание полиэтилена, полипропилена, фторопласта-4 возможно только по обработанной химическим или другим способом поверхности материала.

88. Типовые режимы склеивания различных материалов синтетическими клеями

Марка клея	Температура, °С	Давление, кгс/см²	Выдержка до отверждения, ч
Для металлов			
К-153	25	1,0—1,5	16—20
БФ-2 БФ-4	140—150	10,0—20,0	1
ВС-10Т	180	0,5—2,0	1—2
ВК-32-ЭМ	150	0,5—3,0	3
ВС-10М	180	3,0—10,0	2—3
ВК-32-200	180	10,0—20,0	1—2
Л-4	120	0,1—7,3	4
ПК-5	80	0,5—3,0	6
ПУ-2М	105	0,5—3,0	4
ВС-350	200	1,0—2,0	2
Карбонильный	20	0,3—0,5	24—30

Продолжение табл. 88

Марка клея	Температура, °С	Давление, кгс/см²	Выдержка до отверждения, ч
Для неметаллических материалов			
МАС-1	150	2,0—3,0	0,5
КТ-15	200	2,0—3,0	2
К-17	15	0,5—3,0	6—8
№ 88	15	Без давления	3
АМК	105	То же	4
АК-20	18	»	8
ВК-32-2	20	»	10
К-32-70	65	1,0—1,5	4
В-31-ф	20	1—3	10—12
ПВ-16	20	1,0—1,5	4
В-107	15	5—3	10—12
ВИАМ-Б3	16	0,5—5,0	10—12
ВИАМ-К-12	16	0,5—5,0	8—10
ВИАМ-Ф	18	0,5—3,0	12—15

89. Свойства и назначения синтетических клеев

Марка	Прочность при 20 °С		Примерное назначение
	на сдвиг, кгс/см²	на отдирание, кгс/м	
Фенольные			
ВФ-2, БФ-4	300	28	Для скленвания металлов, текстолита, аминопластов, стекла, древесины, фибры, фарфора, кожи; вибростоек
БФ-6	—	—	Для склеивания тканей, резины, войлока между собой и для приклеивания их к металлам
ВК-32-200	150	32	Для склеивания дюралюминия, сталей, стеклотекстолитов, пенопластов
ВС-350	180	—	
ВС-10Т	180	32	
ВС-10М	200	32	Для склеивания металлов, стеклотекстолитов и текстолитов
КР-4	—	—	Для склеивания пластмасс, древесины, текстильных материалов
КБ-3	—	—	
Бакелитовые			
СБС-2	—	—	Для склеивания пластмасс, тонких древесных, бумажных и текстильных материалов
Эпоксидовые			
ЭД-5, ЭД-6	—	—	Для склеивания металлов, винипласта, оргстекла, фарфора, керамики, древесины, пластмасс, приклеивания вулканизированной резины к металлам
ВК-32-ЭМ	250	20	Для склеивания сталей, дюралюмина между собой и с пенопластами. Стоек в различных кинематических условиях

Продолжение табл. 89

Марка	Прочность при 20 °С		Примерное назначение
	на сдвиг, кгс/см²	на отдирание, кгс/м	
ВК-7	75	—	Для склеивания сталей алюминиевых и титановых сплавов, работающих при температуре от —60 до +250 °С
Л-4	40	—	Для контровки винтов и болтовых соединений, склеивания металлов между собой и со стеклопластиками в узлах несилового назначения
Полиамидные			
ПФЭ-2/10	60	60	Для склеивания металлов, текстолита, древесины, капронового волокна, полиамидных пленок, кожи
ПК-5	150	—	Для склеивания полиамидной пленки
МПФ-1	175	65	Для склеивания металлов друг с другом и неметаллическими материалами. Эластичный, обладает длительной прочностью
Карбамидные			
КМ-3	—	—	Для склеивания пластмасс, древесины, бумаги, текстильных материалов; вибростойкие
К-17	140	—	
КМ-12	—	—	
Полиуретановые			
ПУ-2	140	—	Для склеивания сталей, алюминиевых сплавов между собой и с неметаллическими материалами. Обладает длительной прочностью и выносливостью, стоек в различных климатических условиях
ВК-5	75	—	Для холодного склеивания сталей, алюминиевых и титановых сплавов между собой и с неметаллическими материалами, работающих при ±60 °С в течение 1000 ч; вибростоек
Перхлорвиниловые			
Д-10; М-10	—	—	Для склеивания поливиниловых пластиков между собой и с металлами
«Лейкопат» Б-10	—	40	Для приклеивания невулканизированной резины к металлам
ХВК-2а	—	—	Для приклеивания винипласта, тканей и пластиков к металлам
Глифталевые			
АМК	—	75	Для склеивания стекла, приклеивания теплоизоляции к металлам
ИП-9	—	—	Для склеивания силиконовых резин с металлами

Продолжение табл. 89

Марка	Прочность при 20 °С		Примерное назначение
	на сдвиг, кгс/см²	на отдирание, кгс/м	
Металлические			
Мекладин	—	—	Для склеивания металлов, керамики органических полимеров и др.; электропроводен, выдерживает нагрев до 700—800 °С
Фосфатные			
Алюмофосфатный клей	—	—	Для склеивания стекла, ситалла, керамики, металлов (никель, молибден, вольфрам, титан, тантал, ковар констант), работающих от —60 до +1400 °С
Циан-акриловые			
Циакрин	140	—	Хорошо склеивает различные материалы
Эпоксидно-фурфурольноацетатные			
БОВ-1 БОВ-2 БОВ-3	—	—	Для склеивания металлов и пластмасс; химически стойкие, теплостойкие

ДРЕВЕСИНА

Основные свойства различных пород древесины приведены в табл. 90.

90. Свойства древесины

Порода древесины	Плотность, г/см³	Пределы прочности, кгс/см²			Сопротивление ударному изгибу	Модуль упругости при статическом изгибе	Твердость		Линейная усушка, %, не более
		при сжатии вдоль волокон	при статическом изгибе	при скалывании вдоль волокон	кгс/см²		торцовая	боковая	
Лиственница	0,67	540	990	90	0,28	137	430	325	13
Сосна	0,50	420	790	70	0,19	101	240	175	10
Кедр	0,44	340	635	60	0,145	81	210	115	3,2
Ель	0,47	405	755	65	0,18	79	210	120	7,2
Пихта	0,40	340	620	65	0,15	84	—	—	10
Береза	0,65	470	925	100	0,41	102	390	315	10,0
Клен	0,71	515	1075	120	0,41	94	740	550	10,0
Липа	0,47	340	615	—	0,26	71	165	115	11,0
Осина	0,50	375	685	70	0,36	91	260	185	8,4
Тополь	0,43	315	545	65	0,20	83	220	175	8,4
Ясень	0,70	510	1060	110	0,38	122	670	—	8,4
Дуб	0,71	510	940	80	0,34	85	570	475	8,2
Ольха черная	0,52	365	720	—	—	60	330	260	—

Пиломатериалы изготовляют из древесины хвойных и лиственных пород. По размерам поперечного сечения пиломатериалы подразделяют на доски (ширина более двойной толщины), бруски (ширина не более двойной толщины), брусья (толщина и ширина более 100 мм). Доски выпускают шириной 80, 90, 100, 110, 130, 150, 180, 200, 220 и 250 мм и толщиной 13, 16, 19, 22, 25, 32, 40, 45, 50, 60, 70, 75 и 100 мм. Сечение брусков 50×100, 60×100, 70×80, 70×100, 75×100, 75×130, 75×150, 100×100, 100×130, 100×150, 100×180 и 100×200 мм. Сечение брусьев 130×130, 130×150, 130×180, 150×150, 150×180, 150×200, 180×180, 180×220, 200×200, 200×250, 220×220, 220×250 и 250×250 мм.

Клееную фанеру выпускают марок ФСФ (повышенной водостойкости) и ФК (средней водостойкости) (ГОСТ 5.1494—72), ФБА (склеенная альбуминоказеиновыми клеями).

Номинальные размеры листов фанеры, мм:

2440 × 1525 × (3, 4, 5, 6, 7, 8)	1525 × 1525 × (9, 10, 12, 15, 18)
2440 × 1220 × (3, 4, 5, 6, 7, 8)	1525 × 1220 × (9, 10, 12, 15, 18)
2135 × 1525 × (3, 4, 5, 6, 7, 8)	1525 × 725 × (9, 10, 12, 15, 18)
1830 × 1220 × (3, 4, 5, 6, 7, 8)	1220 × 725 × (9, 10, 12, 15, 18)
1830 × 1525 × (3, 4, 5, 6, 7, 8)	1220 × 1220 × (9, 10, 12, 15, 18)

В скобках указана возможная толщина фанеры. Предел прочности при скалывании по клеевому шву должен быть не менее: для березовой фанеры 12 кгс/см²; для прочей 6—10 кгс/см².

Бакелизированную фанеру выпускают марок ФБС (ГОСТ 5.899—71) (склеенная спирторастворимыми смолами), ФБСВ и ФБСВ$_1$ (склеенные спирто- и водорастворимыми смолами) и ФБВ и ФБВ$_1$ (на водорастворимых смолах).

Номинальные размеры листов бакелизированной фанеры, мм:

1500 × 1200 × 5	5000 × 1200 × 14
1500 × 1500 × 7	5600 × 1200 × 14
4400 × 1500 × 10	5600 × 1500 × 16
4900 × 1250 × 12	7700 × 1500 × 18

Предел прочности бакелизированной фанеры разных марок должен быть не менее: при скалывании по клеевому шву 15 кгс/см², при растяжении вдоль волокон 600—800 кгс/см², при статическом изгибе вдоль волокон 900—1110 кгс/см².

БУМАЖНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Бумажные материалы толщиной до 0,5 мм и массой 1 м² до 250 г условно относят к бумаге, а продукцию большей толщины и плотности — к картону.

Картон — подразделяют на прокладочный, электроизоляционный, технический, тарный, строительный, декоративный и др. Прокладочный картон является бензо- и маслостойким материалом; его выпускают толщиной 0,2; 0,25; 05; 0,8; 1,0; 1,5 мм. Влажность 8—10 %; впитываемость за 24 ч, не более: воды 12 %, бензина 20 %, масла 25 %. Прокладочный картон можно заменить чертежной бумагой или техническим картоном после смачивания их горячей водой до насыщения и просушивания с последующей пропиткой (20—25 мин при температуре 60—70 °С) растительным маслом и олифой.

Картон электроизоляционный (ГОСТ 2824—75) выпускается марок ЭВС, ЭВП, ЭВТ, ЭВ, ЭВА в листах и рулонах при толщине от 0,1 до 3 мм. Плотность картона 0,95—1,25 г/см³; предел прочности при растяжении 34—127 МПа (3,5—130 кгс/мм²); электрическая прочность 8—13 кВ/мм.

Пергамент представляет собой прозрачную маслонепроницаемую влагостойкую бумагу, получаемую обработкой непроклеенной бумаги серной кислотой с последующей щелочной нейтрализацией.

ИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Войлок технический (грубошерстный Г, полугрубошерстный П, тонкошерстный Т) выпускают: а) для сальников С; б) для прокладок ПрП; ПрБ; в) для фильтров Ф; г) для звуко- и теплоизоляции И (грубошерстный). В условное обозначение входит его наименование по виду шерсти, назначению, толщине и номер стандарта. Например: Войлок ГС 10 ГОСТ 6418—67 (Г — грубошерстный; С — для сальников; 10 — толщина 10 мм).

Номенклатуру деталей, изготовляемых из войлоков (табл. 91), регламентируют ГОСТ 6418—67, ГОСТ 6308—71, ГОСТ 288—72.

91. Основные свойства войлока

Тип войлока	Предел прочности на разрыв, кгс/см²		Удлинение при разрыве, %, не более	
	для сальников	для прокладок	для сальников	для фильтров
Грубошерстный	15	10—12	145	150
Полугрубошерстный	25	12—15	140	145
Тонкошерстный	35	30	135	135

Примечание. Капиллярность (при толщине войлока 10 мм) для фильтров не менее 45 мм.

Влажность войлока не более 12 %.

Номинальная толщина войлока: 8—20 мм грубошерстного; 6—20 мм полугрубошерстного; 2,5—20 мм тонкошерстного.

Войлок для электротехнической промышленности выпускают по ГОСТ 11025—78.

Свойства тепло- и звукоизоляционных материалов приведены в табл. 92 и 93.

92. Свойства рыхловолокнистых тепло- и звукоизоляционных материалов

Марка	Состав	γ, кг/м³	Рабочая температура, °С	Коэффициент теплопроводности, ккал/(см·с·°С)
АСИМ	Стекловойлок между двумя слоями стеклоткани, простеганной стеклянными нитями	110	$-60 \div 400$	0,0488 (при 20 °С)
АТИМС	Стекловолокно (5—7 мкм) между двумя слоями стеклоткани, простеганной стеклянными нитями	75—85	$-60 \div 450$	0,0307 (при 20 °С)
АТМ-3	Штапельные стекловолокна (2,5 мкм) между двумя слоями стеклоткани, простеганные стеклонитями	40—50	$-60 \div +450$	0,04 (при 160 °С)
АТИМСС	Стекловолокно со смоляной связкой	25	$-60 \div +150$	$0{,}03\ (1+0{,}093t_{ср})$
Маты:				
С-100	Волокно и до 8 % смолы	100	До 130	0,09—0,045 (при 30 °С)
С-125	То же	125	» 130	
Плиты	Короткое волокно и до 15 % синтетических смол	20—80	$-60 \div +100$	0,032 (при 82 °С)

93. Теплоизоляционные конструкционные материалы

Материал	γ, г/см³	Предел прочности при сжатии, кгс/мм²	Коэффициент теплопроводности, ккал/(м·ч·°С) ($K = 10^{-3}t_{ср}$)	Максимальная рабочая температура, °С
Асбестовый картон	0,90	—	$0{,}14 + 0{,}15\ K$	500
Асбестовый шнур	0,80	—	$0{,}11 + 0{,}13\ K$	300
Асбослюда (изделия)	0,58	2,5	$0{,}112 + 0{,}13\ K$	300
Асбоцементные изоляционные плиты	0,30	3	$0{,}60 + 0{,}15\ K$	500
Вулканит (изделия)	0,40	4,0—4,5	$0{,}074 + 0{,}1\ K$	—
Шлаковая (минеральная вата)	0,20	—	$0{,}048 + 0{,}13\ K$	—
Стеклянная вата	0,25—0,30	—	$0{,}032 + 0{,}22\ K$	600
Газостекло	0,3—0,6	25—65	$0{,}1 + 0{,}15\ K$	500
Пенобетон	0,40	4	0,085	300
	0,50	6	0,105	300

Липкая изоляционная лента представляет собой поливинилхлоридный пленочный пластикат, покрытый слоем перхлорвинилового клея (100 г на м²). Выпускают ее четырех марок ПХЛ-020; ПХЛ-030; ПХЛ-040; ПХЛ-045 толщиной соответственно 0,2; 0,3; 0,4; 0,45 мм и шириной 15—50 мм. Предел прочности на разрыв не менее 80 кгс/см²; удельное объемное электросопротивление не менее 10^{13} Ом·см; липкость не менее 30 с; морозостойкость до —40 °С.

Лакоткани и стеклоткани электроизоляционные представляют собой хлопчатобумажные, шелковые и стеклянные ткани, пропитанные электроизоляционным лаком. Их выпускают в виде рулонов, листов, трубок и цилиндров. Толщина лакотканей: 0,15—0,30 мм хлопчатобумажных (ГОСТ 2214—78), 0,04—0,15 мм шелковых (ГОСТ 2214—78), 0,08—0,24 мм стеклянных (ГОСТ 10156—78). Электрическая прочность лакотканей 30—66 кВ/мм; удельное объемное сопротивление 10^{10}—10^{14} Ом·см.

Слюда представляет собой алюмосиликатный прозрачный минерал с удельным электрическим сопротивлением 10^{13}—10^{14} Ом·см, электрической прочностью 300—400 кВ/мм; тангенсом диэлектрических потерь 0,0003—0,004 и пределом прочности на разрыв 20—31 кгс/мм².

Микалента — склеенные пластинки слюды. Микалента с двух сторон оклеена тонкой бумагой.

Параметры электроизоляционных материалов приведены в табл. 94.

94. Параметры электроизоляционных материалов

Электроизоляционный материал	Толщина, мм	Количество связующего, %	Электрическая прочность, кВ/мм
Коллекторный (ГОСТ 2196—75)	0,4—1,5	1	19
Формовочный (ГОСТ 6122—75)	0,15—1,5	8—33	25—41
Прокладочный (ГОСТ 6121—75)	0,5—5,0	8—20	16—34
Гибкий (ГОСТ 6120—75)	0,15—0,5	10—31	16—28
Микалента (ГОСТ 4268—75)	0,08—0,21	—	9—28

РЕЗИНА

Резина как конструкционный материал отличается высокими эластическими свойствами в широком диапазоне температур и частот деформации. Кроме того, резины обладают высоким сопротивлением разрыву, износу, газо- и водонепроницаемостью, химической стойкостью, ценными электрическими свойствами и др.

По назначению различают резины:

а) мягкие — для изделий и деталей промышленной техники;

б) жесткие (эбонитовые) для изделий электротехнической промышленности;

в) пористые или губчатые, применяемые в качестве амортизаторов;

г) пастообразные для герметизации и уплотнения.

Основой всех резин служат каучуки. Основные свойства и назначения различных резин приведены в табл. 95, 96.

95. Физические и механические свойства резин из разных каучуков

Каучуки	Физические свойства			Механические свойства			
	Температура хрупкости, °С	Плотность сырого каучука, г/см³	Удельное объемное сопротивление, Ом·см	Предел прочности при растяжении, кгс/см²	Сопротивление раздиру, кгс/см	Удлинение при разрыве*, %	Напряжение при 300%-ном удлинении, кгс/см²
Изопреновые:							
синтетический СКИ-3	−70	0,91—0,92	10^{15}—10^{16}	290—300	100—115	700	35
натуральный НК	−70	0,91—0,92	10^{15}—10^{16}	325—340	100—135	600—700	40
Бутадиеновые:							
СКД	−110	0,91—0,93	10^{14}—10^{15}	175	50—60	500—700	60—75
СКБ	−50	0,90—0,92	10^{14}—10^{16}	130—160	45—60	500—600	65
Бутадиен-стирольные:							
СКС-30АРКМ-15	−49	0,994	$7 \cdot 10^{14}$	245—255	55—65	550—750	90—100
СКС-30АРК	−77	0,919	$7 \cdot 10^{14}$	280—285	45—50	550—750	40—60
Бутадиен-нитрильные:							
СКН-18	−58	0,943	10^{10}	250—270	55—65	450—550	До 110
СКН-26	−46	0,962	10^{10}	280—300	60—70	600—700	100—120
СКН-40	−23	0,986	10^{10}	300—330	57—65	600—700	100—120
Хлоропреновый (наирит)	−34	1,225	$7 \cdot 10^{14}$	200—265	60—90	600—750	150
Бутилкаучук	−45	0,91	10^{16}	160—240	65—95	650—800	30—60
Силоксановый каучук СКТ	−74	1,7—2,0	$3 \cdot 10^{13}$	35—80	15—20	360	20—30
Тиокол Д	−40	1,3—1,4	$1,6 \cdot 10^{15}$	38—42	4—5	250—430	—
Этилен-пропиленовый СКЭП	−45	0,86—0,87	10^{16}	230—250	55	550—650	До 120
Уретановый СКУ	−30	1,21—1,25	10^{16}	250—350	30—60	500—585	125—300

* При 20 °С.

96. Назначение наиболее распространенных каучуков

Каучуки	Область применения
Изопреновые (стереорегулярные). Синтетический СКИ-30. Натуральный	Шины, резинотехнические и резиновые изделия ширпотреба, изоляция кабелей и др.
Бутадиеновые СКД, СКБ	Морозостойкие изделия. Приводные ремни, транспортеры, формовые изделия, оболочки кабелей, озоностойкие изделия и покрытия
Бутаднен-стирольные (СКС-30, АРКМ, СКМС-36, СКС-10, СКМС-10). Хлоропреновые (наирит)	Масло- и бензостойкие изделия, газонепроницаемые и озоностойкие изделия—шины, варочные камеры, диафрагмы
Бутил	Масло-, бензо-, тепло- и растворителестойкие изделия — транспортные ленты для подачи горючих материалов и др.
Бутадиен-нитрильные СКМ-18, СКМ-26, СКМ-40. Силоксановые СКТН, СКТ	Сверхтеплостойкие и морозостойкие изделия, электротехнические детали и др.
Тиокол	Масло- и бензостойкие изделия, уплотнители, герметики
Этилен-пропиленовый СКЭП	Озоностойкие и другие химически стойкие и электротехнические изделия

Классификация резины по различным свойствам и условное обозначение приведены в ГОСТ 19198—73. Согласно этой классификации резину по тепловому старению делят на семь типов (обозначения Т07, Т10, Т12, Т15, Т17, Т20, Т22, Т25), по изменению объема после пребывания в нефтяной жидкости СЖР-3 на семь классов (обозначения К1; ...; К7).

В марке резины также указываются основные и дополнительные ее свойства (твердость, предел прочности, морозостойкость, маслостойкость, сопротивление раздиру и др.).

СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Смазочные материалы предназначены для уменьшения износа трущихся поверхностей, повышения КПД механизмов и машин, предохранения от коррозии. Смазочные материалы разделяют на два вида: жидкие минеральные масла и пластичные смазки (консистентные пасты). Минеральные масла разделяют на конструкци-

онные (моторные, трансмиссионные, индустриальные, турбинные, и др.) и технологические, применяемые при обработке металлов. Основные характеристики смазок — кинематическая вязкость, температура вспышки и застывания.

Основные свойства и область применения индустриальных масел общего применения приведены в табл. 97.

97. Индустриальные масла общего назначения (ГОСТ 20799—75)

Масло	ГОСТ	Кинематическая вязкость (сСт) при температуре 50° С	Температура, °С		Назначение
			вспышки, не ниже	застывания, не выше	
И-5А	20799—75	4,0—5,1	112	—25	Для смазки поверхностей при высоких скоростях скольжения
И-8А	20799—75	5,1—8,5	125	—20	То же
И-12А	20799—75	10—14	165	—30	Для различных механизмов
И-20А	20799—75	17—23	170	—20	То же
И-30А	20799—75	27—38	180	—15	Для смазок крупных и тяжелых станков
И-45	20799—75	38—52	190	—10	Для смазки тяжелых низкоскоростных станков
Сепараторное Л	176—50	6,0—10,0	—	—	Для подшипников сепараторов

Пластичные смазки по температуре каплеотделения ($T_{к.о}$) разделяют на низкоплавкие ($T_{к.о}<65$ °С), среднеплавкие ($65\leqslant T_{к.о}\leqslant 100$) и тугоплавкие ($T_{к.о}>100$ °С). Их основу составляют загущенные минеральные масла (табл. 98).

98. Свойства и назначение пластичных смазок

Смазка	ГОСТ	Температура каплеотделения, °С (не ниже)	Назначение
Низкоплавкие			
Консервационная (К-17)	10877—76	54	Для защиты деталей от коррозии
Пластичная ПВК	19537—74	54	То же
Пластичная ГОИ-54п	3276—74	60	Для защиты деталей от коррозии в диапазоне температур от —40 °С до +40 °С
Бензиноупорная	7171—78	55	Для уплотнения резьбовых соединений бензопроводов

Продолжение табл. 98

Смазка	ГОСТ	Температура каплеотделения, °С (не ниже)	Назначение
Среднеплавкие			
Солидол синтетический	4366—76	—	Для защиты деталей от коррозии
Смазка графитная УСсА	3333—80	77	Для смазки высоконагруженных узлов трения
Тугоплавкие			
Смазка консталин	1957—73	130 (УТ-1), 150 (УТ-2)	Универсальная
Смазка 1-13 жировая	1631—61	120	Для смазки подшипников качения
ЦИАТИМ-201	6267—74	170	Для смазки приборов и механизмов, работающих с малыми усилиями сдвига при температурах от —60 °С до +90 °С
ЦИАТИМ-202	11110—75	170	То же
ЦИАТИМ-203	8773—73	150	Для смазки высоконагруженных механизмов
ЦИАТИМ-205	8551—74	65	То же
ЦИАТИМ-221	9433—80	200	Для смазки различных механизмов, работающих в диапазоне температур от —60 °С до +150 °С
ВНИИ НП-225	19782—74	—	Для уплотнения резьбовых соединений, работающих при температуре от —70 до +450 °С
ВНИИ НП-292	14068—79	—	То же, но в диапазоне температур от —20 до +125 °С
ВНИИ НП-257	16105—70	—	Для смазки шарикоподшипников и малонагруженных зубчатых передач
ВНИИ НП-260	19832—74	—	Для смазки скоростных шарикоподшипников
ВНИИ НП-279	14296—78	—	Для смазки узлов трения, работающих в контакте с агрессивными средами

ГЛАВА III

ДЕТАЛИ МАШИН

ЛИНЕЙНЫЕ РАЗМЕРЫ, УГЛЫ, КОНУСЫ, РАДИУСЫ ЗАКРУГЛЕНИЙ, КАНАВКИ

В табл. 1 приведены стандартные ряды нормальных линейных размеров (диаметров, длин, высот и др.) по СТ СЭВ 514—77. Стандарт распространяется на линейные размеры в машиностроении и устанавливает ряды линейных размеров от 0,001 до 20 000 мм. Стандарт не распространяется на технологические межоперационные размеры и на размеры, связанные расчетными зависимостями с другими принятыми размерами. При выборе размеров предпочтение следует отдавать рядам с более крупной градацией, т. е. ряд *Ra* 5 следует предпочитать ряду *Ra* 10, ряд *Ra* 10 — ряду *Ra* 20 и т. д.

1. Нормальные линейные размеры (мм) в диапазоне от 1 до 950 мм по СТ СЭВ 514—77

Ряды				Дополнительные размеры	Ряды				Дополнительные размеры
*Ra*5	*Ra*10	*Ra*20	*Ra*40		*Ra*5	*Ra*10	*Ra*20	*Ra*40	
1,0	1,0	1,0	1,0		2,5	3,2	3,2	3,2	3,3
			1,05					3,4	3,5
		1,1	1,1				3,6	3,6	3,7
			1,15					3,8	3,9
	1,2	1,2	1,2	1,25	4,0	4,0	4,0	4,0	4,1
			1,3	1,35				4,2	4,4
		1,4	1,4	1,45			4,5	4,5	4,6
			1,5	1,55				4,8	4,9
1,6	1,6	1,6	1,6	1,65		5,0	5,0	5,0	5,2
			1,7	1,75				5,3	5,5
		1,8	1,8	1,85			5,6	5,6	5,8
			1,9	1,95				6,0	6,2
	2,0	2,0	2,0		6,3	6,3	6,3	6,3	6,5
			2,1	2,05				6,7	6,7
		2,2	2,2	2,15			7,1	7,1	7,3
			2,4	2,30				7,5	7,8
2,5	2,5	2,5	2,5			8,0	8,0	8,0	8,2
			2,6					8,5	8,8
		2,8	2,8	2,7			9,0	9,0	9,2
			3,0	2,9				9,5	9,8
				3,1					

Продолжение табл. 1

Ряды				Дополнительные размеры	Ряды				Дополнительные размеры
*Ra*5	*Ra*10	*Ra*20	*Ra*40		*Ra*5	*Ra*10	*Ra*20	*Ra*40	
10	10	10	10		100	100	100	100	
			10,5	10,2				105	102
		11	11	10,8			110	110	108
			11,5	11,2				120	112
	12	12	12	11,8		125	125	125	115
			13	12,5				130	118
		14	14	13,5			140	140	135
			15	14,5				150	145
16	16	16	16	15,5	160	160	160	160	155
			17	16,5				170	165
		18	18	17,5			180	180	175
			19	18,5				190	185
	20	20	20	19,5		200	200	200	195
			21	20,5				210	205
		22	22	21,5			220	220	215
			24	23,0				240	230
25	25	25	25		250	250	250	250	
			26	27				260	270
		28	28	29			280	280	290
			30	31				300	310
	32	32	32			320	320	320	
			34	33				340	330
		36	36	35			360	360	350
			38	37				380	370
				39					390
40	40	40	40		400	400	400	400	
			42	41				420	410
		45	45	44			450	450	440
			48	46				480	460
				49					490
	50	50	50			500	500	500	
			53	52				530	515
		56	56	55			560	560	545
			60	58				600	580
				62					615
63	63	63	63		630	630	630	630	
			67	65				670	650
		71	71	70			710	710	690
			75	73				750	730
				78					775
	80	80	80			800	800	800	
			85	82				850	825
		90	90	88			900	900	875
			95	92				950	925
				98					

2. Нормальные углы по СТ СЭВ 513—77

Ряд 1	Ряд 2	Ряд 3	Ряд 1	Ряд 2	Ряд 3	Ряд 1	Ряд 2	Ряд 3
0°				10°				70°
		15′			12°		75°	
	30′		15°					80°
		45′			18°			85°
	1°		20°			90°		
		1°30′			22°			100°
	2°				25°			110°
		2°30′	30°			120°		
	3°				35°			135°
	4°			40°				150°
5°			45°					165°
	6°				50°			180°
	7°				55°			270°
	8°		60°					360°
		9°			65°			

3. Конусности по СТ СЭВ 512—77

Ряд 1	Ряд 2	Ряд 1	Ряд 2	Ряд 1	Ряд 2	Ряд 1	Ряд 2
1 : 500	—	—	1 : 15	—	1 : 6	45°	—
1 : 200	—	—	1 : 12	1 : 5	—	60°	—
1 : 100	—	1 : 10	—	—	1 : 4	—	75°
1 : 50	—	—	1 : 8	1 : 3	—	90°	—
—	1 : 30	—	1 : 7	30°	—	120°	—
1 : 20	—	—	—	—	—	—	—

Примечание. При выборе конусности ряд 1 следует предпочитать ряду 2.

4. Примеры применения нормальной конусности общего назначения *1

Конусность C	Угол		Применение
	конуса α	уклона $\alpha/2$	
1 : 200 1 : 100	17′11,3″ 34′22,6″	8′35,65″ 17′11,3″	Крепежные детали для неразборных соединений, подвергающихся сотрясениям, ударной (1 : 200) и спокойной (1 : 100) переменной нагрузкам. Конические оправки
1 : 50	1°8′45,2″	34′22,6″	Конические штифты, установочные шпильки, развертки под конические штифты, концы насадных рукояток
1 : 30	1°54′34,9″	57′17,45″	Концы насадных разверток, зенкеров и оправок для них
1 : 20	2°51′51,1″	1°25′55,55″	Метрические конусы инструментов, оправки и развертки для них
1 : 15	3°49′5,9″	1°54′32,95″	Конические соединения деталей, воспринимающих осевые нагрузки. Посадочные места для зубчатых колес, шпинделей
1 : 12	4°46′18,8″	2°23′9,4″	Конусы Морзе
1 : 10	5°43′29,3″	2°51′44,65″	Конические соединения деталей при радиальных и осевых нагрузках. Соединительные муфты. Конусы инструментов
1 : 5	11°25′16,3″	5°42′38,15″	Легкоразъемные соединения деталей. Конические цанфы. Фрикционные муфты
1 : 1,866025	30°	15°	Фрикционные муфты приводов. Зажимные цанги
1 : 0,866025	60°	30°	Центры станков и центровые отверстия
1 : 0,651613	75°	37°30′	Наружные центры инструментов диаметром до 10 мм
1 : 0,5	90°	45°	Потайные головки заклепок диаметром 1—10 мм, потайные головки винтов. Фаски валов, осей, пальцев и др.
1 : 0,288675	120°	60°	Полупотайные головки заклепок диаметром 2—5 мм. Фаски резьбовых отверстий, наружные фаски гаек и головок винтов

*1 Конусность, углы конуса и уклона даны по СТ СЭВ 512—77.

Ряды нормальных углов по СТ СЭВ 513—77 приведены в табл. 2. Стандарт не распространяется на углы, связанные расчетными зависимостями с другими размерами, принятыми в качестве номинальных, и на углы конусов специального применения по СТ СЭВ 512—77. При выборе углов ряд 1 следует предпочитать ряду 2, а ряд 2 — ряду 3.

В табл. 3 приведены значения конусности по СТ СЭВ 512—77, в табл. 4 даны примеры применения конусности.

Конусностью C называется отношение разности диаметров D и d двух поперечных сечений конуса к расстоянию между ними L (рис. 1, *а*)

$$C = \frac{D-d}{L} = 2\operatorname{tg}\alpha/2.$$

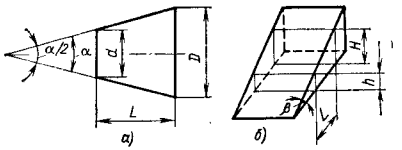


Рис. 1. Угловые размеры:
а — конуса; *б* — призматической детали

Угол уклона $\alpha/2$ — угол между образующей и осью конуса (или половина угла при вершине).

Углом при вершине конуса α (углом конуса) называется угол между двумя образующими конуса в осевом сечении.

Для призматических деталей по СТ СЭВ 513—77 (рис. 1, *б*) кроме углов, приведенных в табл. 2, допускается применять следующие значения уклонов S: 1 : 500; 1 : 200; 1 : 100; 1 : 50; 1 : 20; 1 : 10. Значения уклонов

$$S = \frac{H-h}{L} = \operatorname{tg}\beta.$$

В табл. 5 даны размеры укороченных инструментальных конусов Морзе по СТ СЭВ 148—75, в табл. 6 — конусы шпинделей и оправок с конусностью 7 : 24 по ГОСТ 15945—70.

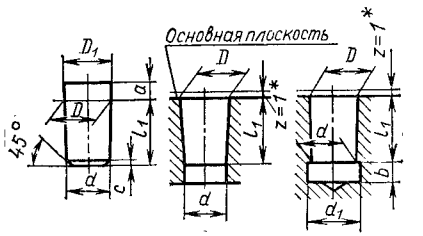
В табл. 7 приведены размеры радиусов и фасок деталей, изготовляемых из металла и пластмасс, кроме размера радиусов закруглений (изгиба) деталей, получаемых гибкой, а также радиусов проточек, для выхода резьбонарезного инструмента. При выборе размеров радиусов и фасок 1-й ряд следует предпочитать 2-му.

В табл. 8 даны радиусы закруглений сопряженных валов и втулок; в табл. 9 — галтели вала и корпуса под шарико- и роликоподшипники; в табл. 10 — размеры канавок для посадки подшипников качения.

В табл. 11 приведены размеры канавок для выхода зуборезных долбяков у прямозубых и косозубых колес наружиого и внутреннего зацепления по ГОСТ 13754—68 * и ГОСТ 13755—68 (β — углы наклона винтовой линии долбяков).

В табл. 12 и 13 приведены соответственно размеры канавок для выхода шлифовального круга при плоском и круглом шлифовании по ГОСТ 8820—69.

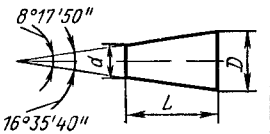
5. Укороченные инструментальные конусы Морзе по СТ СЭВ 148—75
Размеры, мм



Обозначение величины конусности	Конус Морзе	Конусность	D	D_1*2	d*2	d_1	l_1	a max	b	c
B10	1	1 : 20,047 = 0,04988	10,094	10,3	9,4	9,8	14,5	3,5	3,5	1,0
B12			12,065	12,2	11,1	11,5	18,5			
B16	2	1 : 20,000 = 0,04995	15,733	16,0	14,5	15	24,0	5,0	4,0	1,5
B18			17,780	18,0	16,2	16,8	32,0			
B22	3	1 : 19,922 = 0,05020	21,793	22,0	19,8	20,5	40,5		4,5	2,0
B24			23,825	24,1	21,3	22,0	50,5			

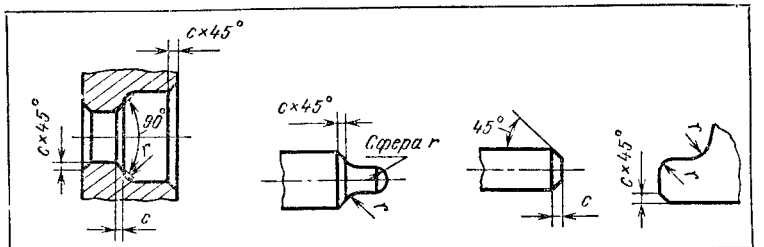
* z — максимально допустимое отклонение положения основной плоскости, в которой находится диаметр D, от ее теоретического положения.
*2 Размеры D_1 и d являются теоретическими, определяемыми соответственно по диаметру D и номинальным размерам a и l_1.

6. Конусы шпинделей и оправок с конусностью 7 : 24 по ГОСТ 15945—70
Размеры, мм



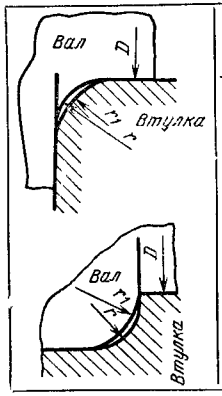
Обозначение конусов	D	d	L (справочный)
10	15,87	9,5	21,8
15	19,05	11,2	26,9
25	25,40	13,8	39,8
30	31,75	17,4	49,2
35	38,1	21,4	57,2
40	44,45	25,3	65,6
45	57,15	32,4	84,8
50	69,85	39,6	103,7
55	88,90	50,5	131,6
60	107,95	60,2	163,7
65	133,35	75,0	200,0
70	165,10	92,9	247,5
75	203,20	114,3	304,8

7. Радиусы закруглений и фаски, мм



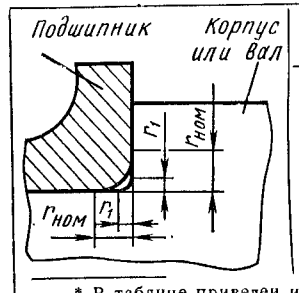
1-й ряд	2-й ряд	1-й ряд	2-й ряд	1-й ряд	2-й ряд
0,1	0,2	2,5	2,0	25	20
0,4	0,3	4,0	3,0	40	32
0,6	0,5	6,0	5,0	60	50
1,0	0,8	10	8,0	100	80
1,6	1,2	16	12	160	125

8. Радиусы закруглений сопряженных валов и втулок, мм



D	r	r_1
10—18	0,6	1
20—28	1,6	2
30—46	2,0	2,5
48—68	2,5	3
70—100	3	4
105—150	4	5
155—200	5	6
210—250	6	8

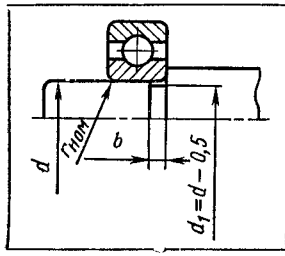
9. Галтели * вала и корпуса под шарико- и роликоподшипники
Размеры, мм



$r_{ном}$	r_1	$r_{ном}$	r_1
0,2	0,1	2	1
0,3	0,2	2,5	1,5
0,4	0,2	3	2
0,5	0,3	3,5	2
1	0,6	4	2,5
1,5	1	5	3

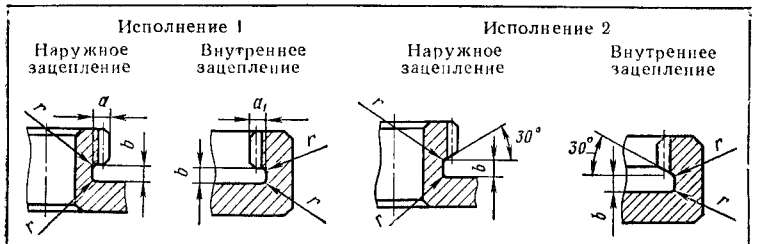
* В таблице приведен наибольший размер галтели.

10. Канавки для посадки подшипников качения
Размеры, мм



$r_{ном}$	b	$r_{ном}$	b
0,2—0,8	2	2,5—3,5	4,0—6,0
1,0—2,0	3	5	8

11. Канавки для выхода долбяков
Размеры, мм



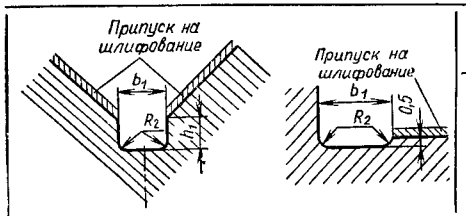
Модуль	b_{min} Исполнение 1, при прямых зубьях	b_{min} Исполнение 1, при косых зубьях, β = 15°	b_{min} Исполнение 1, при косых зубьях, β = 23°	b_{min} Исполнение 2, при прямых зубьях	b_{min} Исполнение 2, при косых зубьях, β = 15°	b_{min} Исполнение 2, при косых зубьях, β = 23°	$a = a_1$ (min)	r
1 1,25—1,5 1,75—2 2,25	5	6	7	— — — 10	— — — 13	— — — 14	3 4 5 6	0,5
2,5 2,75—3 3,25 3,5—4	6	7	8	10	13	14	6,5 7,5 9 10,5	0,5 0,5 1,0 1,0
4,25—4,5 5	7	8	9				12 13	1,0
5,5 6 6,5	8	9	10				15 16 18	

Продолжение табл. 11

Модуль	b_{min}						$a = a_1$ (min)	r
	Исполнение 1			Исполнение 2				
	при прямых зубьях	при косых зубьях		при прямых зубьях	при косых зубьях			
		$\beta = 15°$	$\beta = 23°$		$\beta = 15°$	$\beta = 23°$		
7 8 9	9	10	11	10	13	14	18 20 22,5	1,0
10 11 12	10	12	13	12	15	16	25 28 30	1,6

12. Канавки для выхода шлифовального круга при плоском шлифовании по ГОСТ 8820—69

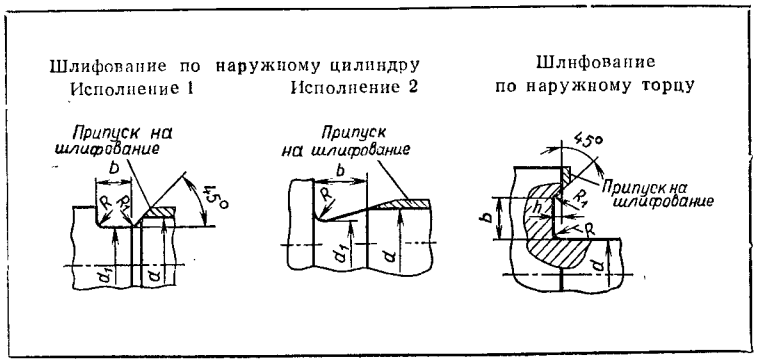
Размеры, мм



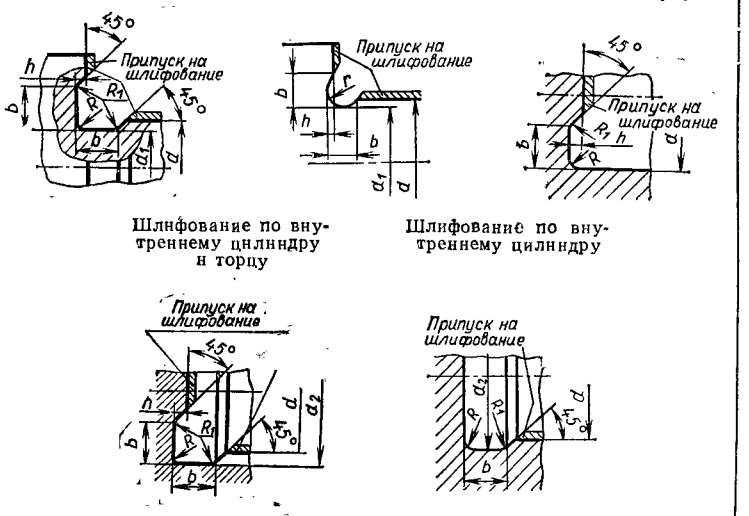
b_1	h_1	R_2
2	1,6	0,5
3	2	1,0
5	3	1,6

13. Канавки для выхода шлифовального круга при круглом шлифовании по ГОСТ 8820—69

Размеры, мм



Продолжение табл. 13



b	d_1 при наружном шлифовании	d_2 при внутреннем шлифовании	h	R	R_1	d
1 1,6	$d - 0,3$	$d + 0,3$	0,2	0,3 0,5	0,2 0,3	До 10
2 3	$d - 0,5$	$d + 0,5$	0,3	0,5 1,0	0,3 0,5	До 10 Св. 10 до 50
5 8 10	$d - 1$	$d + 1$	0,5	1,6 2,0 3,0	0,5 1 1	Св. 50 до 100 » 100 » 100

СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Различают разъемные и неразъемные соединения деталей машин. *Разъемными* называют соединения, допускающие разборку деталей машин без разрушения соединяемых или соединяющих элементов; к ним относятся резьбовые, штифтовые, шпоночные, шлицевые, клиновые соединения и др.

Неразъемными называют соединения, которые можно разобрать только после их полного или частичного разрушения; к ним отно-

сятся заклепочные и сварные соединения, соединения пайкой, склеиванием и др.

Соединения с *гарантированным натягом*, в которых до сборки размер отверстия меньше размера вала, занимают промежуточное положение между разъемными и неразъемными; они могут быть разобраны, но в большинстве случаев сопрягаемые поверхности оказываются поврежденными, что снижает надежность соединения при повторной сборке.

РЕЗЬБОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Резьбовыми называют соединения, в которых сопряженные детали соединены при помощи резьбы или резьбовых крепежных деталей (болтов, винтов, шпилек, гаек и др.). Указанные соединения являются наиболее распространенным видом разъемных соединений. Резьбовые соединения используют также для преобразования движения, например, в ходовых и грузовых винтах.

Основным элементом соединения является резьба с соответствующим профилем, устанавливаемым стандартом. Резьба получается образованием на цилиндрическом или коническом стержне канавок с поперечным профилем (в виде треугольника, трапеции и т. д.), каждая точка которого располагается на винтовой линии. *Витком резьбы* называется та часть выступа ее, которая охватывает резьбовую деталь в пределах до 360°.

Основные элементы метрической резьбы по СТ СЭВ 180—75 приведены на рис. 2.

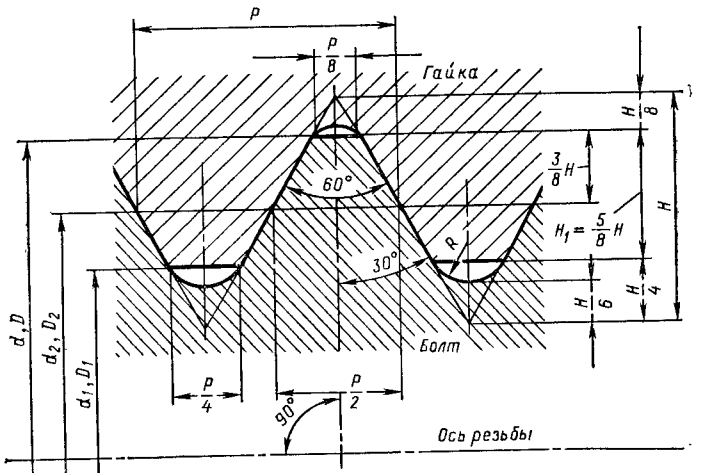


Рис. 2. Основные элементы метрической резьбы по СТ СЭВ 180—75: d — наружный диаметр наружной резьбы (болта); D — наружный диаметр внутренней резьбы (гайки); d_1 — внутренний диаметр болта; D_2 — внутренний диаметр гайки; d_2 — средний диаметр болта; D_2 — средний диаметр гайки; H — высота исходного треугольника; P — шаг резьбы; R — номинальный радиус закругления впадины болта; H_1 — рабочая высота профиля

По форме основные поверхности, на которых нарезают резьбу, подразделяют на *цилиндрические и конические*, причем последние используют в тех случаях, когда требуется герметичность.

По направлению резьбы бывают правые, если при вращении по часовой стрелке гайка будет навинчиваться, и левые, если при том же направлении вращения она будет свинчиваться.

По профилю резьбы делят на *треугольные* (рис. 3 *а*); *трапецеидальные симметричные* (рис. 3, *б*); *трапецеидальные несимметричные* или *упорные* (рис. 3, *в*); *прямоугольные* (рис. 3, *г*); *круглые* (рис. 3, *д*).

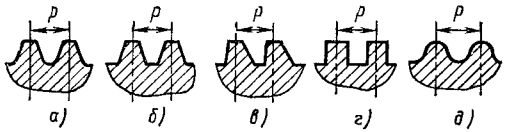


Рис. 3. Профили резьбы

Основными крепежными деталями резьбовых соединений являются болты, винты, шпильки, гайки, шайбы и стопорные устройства, предохраняющие гайки от самоотвинчивания.

Болт — цилиндрический стержень с головкой на одном конце и резьбой на другом (рис. 4, *а*). Болты используют в комплекте с гайкой; при этом нарезать резьбу в соединяемых деталях не требуется.

Винт — цилиндрический стержень с головкой на одном конце и резьбой на другом, которой он ввертывается в резьбовое отверстие одной из скрепляемых деталей (рис. 4, *б*); иногда винт может не иметь головки.

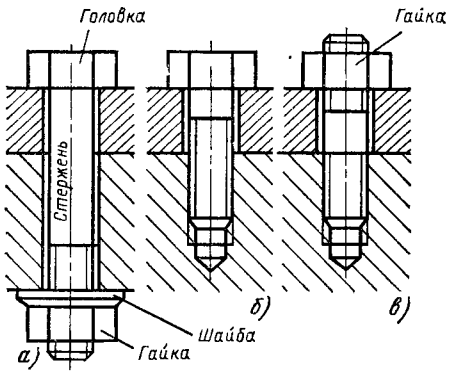


Рис. 4. Крепежные детали:
а — болт; *б* — винт; *в* — шпилька

Шпилька — цилиндрический стержень с резьбой на обоих концах, причем одним концом она ввертывается в одну из скрепляемых деталей, а на другой конец ее навертывается гайка (рис. 4, *в*).

Гайка — деталь с резьбовым отверстием, навертываемая на болт или шпильку и служащая для соединения скрепляемых при помощи болта или шпильки деталей соединения (рис. 4, *а, в*).

Шайбы — кольца, подкладываемые под гайку, а также головку винта или болта для предохранения поверхности детали от задира при затягивании гайки, для увеличения опорной поверхности и в некоторых случаях для стопорения (см. рис. 4).

Резьбы. Резьбы делят на цилиндрические и конические.

Цилиндрические резьбы подразделяют на метрические и специальные. К специальным отиосят дюймовую трубную, трапецеидальную, упорную и др.

Метрическую резьбу широко используют для большинства резьбовых соединиений как крепежную, а также для точных винтовых пар измерительных инструмеитов. Угол профиля метрической резьбы $\alpha = 60°$ регламентирован СТ СЭВ 180—75. Стандартом предусмотрена резьба с крупным и мелким шагом. Резьбу с крупным шагом обозначают буквой М (метрическая); при этом указывают значение наружного диаметра, например М24, М30 и т. д. Для резьб с мелким шагом, кроме того, указывают шаг, например М24×1,5, М30×2 и т. д.

Номинальные диаметры и шаги метрических резьб определены СТ СЭВ 181—75 (табл. 14). Для приборостроения в том случае, когда диаметры и шаги резьб по СТ СЭВ 181—75 ие могут удовлетворить функциональным и конструктивным требованиям, допускается применять метрическую резьбу по СТ СЭВ 183—75.

В табл. 15 приведены основные размеры метрической резьбы по СТ СЭВ 182—75. Для приборостроения основные размеры регламентированы СТ СЭВ 184—75 (для резьб с диаметрами и шагами по СТ СЭВ 183—75). Длина свинчивания метрических резьб по СТ СЭВ 640—77 дана в табл. 16.

Трубную цилиндрическую резьбу по СТ СЭВ 1157—78 (табл. 17) испольуют в цилиидрических резьбовых соединениях, а также в соединениях внутренней цилиндрической резьбы с наружной конической резьбой по СТ СЭВ 1159—78. Угол профиля трубной резьбы $\alpha = 55°$; трубная резьба измеряется в дюймах.

14. Ряды номинальных диаметров и шаги метрической резьбы (мм) по СТ СЭВ 181—75

Номинальный диаметр d	Шаг P	
	Крупный	Мелкий
1-й ряд		
0,25	0,075	—
0,30	0,080	—
0,40	0,100	—
0,50	0,125	—
0,60	0,150	—
0,80	0,200	—
1; 1,2	0,25	0,2
1,6	0,35	0,2
2,0	0,40	0,25
2,5	0,45	0,35
3,0	0,50	0,35

Продолжение табл. 14

Номинальный диаметр d	Шаг P	
	Крупный	Мелкий
4,0	0,70	0,50
5	0,8	0,50
6	1	0,75; 0,5
8	1,25	1; 0,75; 0,5
10	1,5	1,25; 1; 0,75; 0,5
12	1,75	1,5; 1,25; 1; 0,75; 0,5
16	2	1,5; 1; 0,75; 0,5
20	2,5	2; 1,5; 1; 0,75; 0,5
24	3	2; 1,5; 1; 0,75
30	3,5	(3); 2; 1,5; 1; 0,75
36	4	3; 2; 1,5; 1
42	4,5	(4); 3; 2; 1,5; 1
48	5	(4); 3; 2; 1,5; 1
56	5,5	4; 3; 2; 1,5; 1
64	6	4; 3; 2; 1,5; 1
72; 80	—	6; 4; 3; 2; 1,5; 1
90; 100; 110; 125; 140	—	6; 4; 3; 2; 1,5
160; 180; 200	—	6; 4; 3; 2
220; 250; 280	—	6; 4; 3
320; 360; 400	—	6; 4
450; 500; 550; 600	—	6
2-й ряд		
0,35	0,09	—
0,45	0,10	—
0,55	0,125	—
0,7	0,175	—
0,9	0,225	—
1,1	0,25	0,2
1,4	0,3	0,2
1,8	0,35	0,2
2,2	0,45	0,25
3,5	(0,6)	0,35
14	2	1,5; 1,25; 1; 0,75; 0,5
18; 22	2,5	2; 1,5; 1; 0,75; 0,5
27	3	2; 1,5; 1; 0,75
33	3,5	(3); 2; 1,5; 1; 0,75
39	4	(3); 2; 1,5; 1
45	4,5	(4); 3; 2; 1,5; 1
52	5	(4); 3; 2; 1,5; 1
60	(5,5)	4; 3; 2; 1,5; 1
68	6	4; 3; 2; 1,5; 1
76	—	6; 4; 3; 2; 1,5; 1
85; 95; 105; 115; 120; 130; 150	—	6; 4; 3; 2; 1,5
170; 190	—	6; 4; 3; 2
210; 240; 260; 300	—	6; 4; 3
340; 380	—	6; 4
420; 480; 520 ; 580	—	6
3-й ряд		
(5,5)	—	0,5
7	1	0,75; 0,5
9	(1,25)	1; 0,75; 0,5
11	(1,5)	1; 0,75; 0,5
15; 17	—	1,5; (1)
25	—	2; 1,5; (1)
(26); 35; (38)	—	1,5
(28)	—	2; 1,5; 1
(32)	—	2; 1,5
40; 50	—	(3); (2); 1,5
55; 58; 62; 65; 75	—	(4); (3); 2; 1,5

Продолжение табл. 14

Номинальный диаметр d	Шаг P	
	Крупный	Мелкий
70	—	(6); (4); (3); 2; 1,5
(78); (82)	—	2
135; 145	—	6; 4; 3; 2; 1
155; 165; 175; 185; 195	—	6; 4; 3; 2
205; 215; 225; 230; 235; 245; 255; 265; 270, 275; 285; 290; 295	—	6; 4; 3
310; 330; 350; 370; 390	—	6; 4
410; 430; 440; 460; 470; 490; 510; 530; 540; 560; 570; 590	—	6

Примечания: 1. При выборе диаметров резьб следует предпочитать ряд 1 ряду 2, ряд 2 ряду 3.

2. Диаметры и шаги резьб, заключенные в скобки, по возможности не применять.

3. Резьбу М14×1,25 применяют только для свечей зажигания, а резьбу М35×1,5 — только для стопорных гаек шарикоподшипников.

15. Основные размеры метрической резьбы (мм) по СТ СЭВ 182—75

Номинальный диаметр резьбы d	Шаг P	Диаметры резьбы			
		$d = D$	$d_2 = D_2$	$d_1 = D_1$	d_3
0,25	0,075	0,250	0,201	0,169	0,158
0,3	0,08	0,300	0,248	0,213	0,202
0,35	0,09	0,350	0,292	0,253	0,240
0,4	0,1	0,400	0,335	0,292	0,277
0,45		0,450	0,385	0,342	0,327
0,5	0,125	0,500	0,419	0,365	0,347
0,55		0,550	0,469	0,415	0,397
0,6	0,15	0,600	0,503	0,438	0,416
0,7	0,175	0,700	0,586	0,511	0,485
0,8	0,2	0,800	0,670	0,583	0,555
0,9	0,225	0,900	0,754	0,656	0,624

Продолжение табл. 15

Номинальный диаметр резьбы d	Шаг P	Диаметры резьбы			
		$d = D$	$d_2 = D_2$	$d_1 = D_1$	d_3
1,0	0,25 0,2	1,000 1,000	0,838 0,870	0,729 0,783	0,693 0,755
1,1	0,25 0,2	1,000 1,100	0,938 0,970	0,829 0,883	0,793 0,855
1,2	0,25 0,2	1,200 1,200	1,038 1,070	0,929 0,983	0,893 0,955
1,4	0,3 0,2	1,400 1,400	1,205 1,270	1,075 1,183	1,032 1,155
1,6	0,35 0,2	1,600 1,600	1,373 1,470	1,221 1,383	1,171 1,355
1,8	0,35 0,2	1,800 1,800	1,573 1,670	1,421 1,583	1,371 1,555
2	0,4 0,25	2,000 2,000	1,740 1,838	1,567 1,729	1,509 1,693
2,2	0,45 0,25	2,200 2,200	1,908 2,038	1,713 1,929	1,648 1,893
2,5	0,45 0,35	2,500 2,500	2,208 2,273	2,013 2,121	1,948 2,071
3	0,5 0,35	3,000 3,000	2,675 2,773	2,459 2,621	2,387 2,571
3,5	0,6 0,35	3,500 3,500	3,110 3,273	2,850 3,121	2,764 3,071
4	0,7 0,5	4,000 4,000	3,545 3,675	3,242 3,459	3,141 3,387
4,5	0,75 0,5	4,500 4,500	4,013 4,175	3,688 3,959	3,580 3,887
5	0,8 0,5	5,000 5,000	4,480 4,675	4,134 4,459	4,019 4,387
5,5	0,5	5,500	5,175	4,959	4,887

Продолжение табл. 15

Номинальный диаметр резьбы d	Шаг P	Диаметры резьбы			
		$d = D$	$d_2 = D_2$	$d_1 = D_1$	d_3
6	1	6,000	5,350	4,917	4,773
	0,75	6,000	5,513	5,188	5,080
	0,5	6,000	5,675	5,459	5,387
7	1	7,000	6,350	5,917	5,773
	0,75	7,000	6,513	6,188	6,080
	0,5	7,000	6,675	6,459	6,387
8	1,25	8,000	7,188	6,647	6,466
	1	8,000	7,350	6,917	6,773
	0,75	8,000	7,513	7,188	7,080
	0,5	8,000	7,675	7,459	7,387
9	1,25	9,000	8,188	7,647	7,466
	1	9,000	8,350	7,917	7,713
	0,75	9,000	8,513	8,188	8,080
	0,5	9,000	8,675	8,459	8,387
10	1,5	10,000	9,026	8,376	8,160
	1,25	10,000	9,188	8,647	8,466
	1	10,000	9,350	8,917	8,773
	0,75	10,000	9,513	9,188	9,080
	0,5	10,000	9,675	9,459	9,387
11	1,5	11,000	10,026	9,376	9,160
	1	11,000	10,350	9,917	9,773
	0,75	11,000	10,513	10,188	10,080
	0,5	11,000	10,675	10,459	10,387
12	1,75	12,000	10,863	10,106	9,853
	1,5	12,000	11,026	10,376	10,160
	1,25	12,000	11,188	10,647	10,466
	1	12,000	11,350	10,917	10,773
	0,75	12,000	11,513	11,188	11,080
	0,5	12,000	11,675	11,459	11,387
14	2	14,000	12,701	11,835	11,546
	1,5	14,000	13,026	12,376	12,160
	1,25	14,000	13,188	12,647	12,466
	1	14,000	13,350	12,917	12,773
	0,75	14,000	13,513	13,188	13,080
	0,5	14,000	13,675	13,459	13,387
15	1,5	15,000	14,026	13,376	13,160
	1	15,000	14,350	13,917	13,773
16	2,0	16,000	14,701	13,835	13,546
	1,5	16,000	15,026	14,376	14,160
	1	16,000	15,350	14,917	14,773
	0,75	16,000	15,513	15,188	15,080
	0,5	16,000	15,675	15,459	15,387

Продолжение табл. 15

Номинальный диаметр резьбы d	Шаг P	Диаметры резьбы			
		$d = D$	$d_2 = D_2$	$d_1 = D_1$	d_3
17	1,5	17,000	16,026	15,376	15,160
	1	17,000	16,350	15,917	15,773
18	2,5	18,000	16,376	15,294	14,933
	2	18,000	16,701	15,835	15,546
	1,5	18,000	17,026	16,376	16,160
	1	18,000	17,350	16,917	16,773
	0,75	18,000	17,513	17,188	17,080
	0,5	18,000	17,675	17,459	17,387
20	2,5	20,000	18,376	17,294	16,933
	2	20,000	18,701	17,835	17,546
	1,5	20,000	19,026	18,376	18,160
	1	20,000	19,350	18,917	18,773
	0,75	20,000	19,513	19,188	19,080
	0,5	20,000	19,675	19,459	19,387
22	2,5	22,000	20,376	19,294	18,993
	2	22,000	20,701	19,835	19,546
	1,5	22,000	21,026	20,376	20,160
	1	22,000	21,350	20,917	20,773
	0,75	22,000	21,513	21,188	21,080
	0,5	22,000	21,675	21,459	21,387
24	3	24,000	22,051	20,752	20,319
	2	24,000	22,701	21,835	21,546
	1,5	24,000	23,026	22,376	22,160
	1	24,000	23,350	22,917	22,773
	0,75	24,000	23,513	23,188	23,080
25	2	25,000	23,701	22,835	22,546
	1,5	25,000	24,026	23,376	23,160
	1	25,000	24,350	23,917	23,773
26	1,5	26,000	25,026	24,376	24,160
27	3	27,000	25,051	23,752	23,319
	2	27,000	25,701	24,835	24,546
	1,5	27,000	26,026	25,376	25,160
	1	27,000	26,350	25,917	25,773
	0,75	27,000	26,513	26,188	26,080
28	2	28,000	26,701	25,835	25,546
	1,5	28,000	27,026	26,376	26,160
	1	28,000	27,350	26,917	26,773
30	3,5	30,000	27,727	26,211	25,706
	3	30,000	28,051	26,752	26,319
	2	30,000	28,701	27,835	27,546
	1,5	30,000	29,026	28,376	28,160
	1	30,000	29,350	28,917	28,773
	0,75	30,000	29,513	29,188	29,080

Продолжение табл. 15

Номинальный диаметр резьбы d	Шаг P	Диаметры резьбы			
		$d = D$	$d_2 = D_2$	$d_1 = D_1$	d_3
32	2	32,000	30,701	29,835	29,546
	1,5	32,000	31,026	30,376	30,160
33	3,5	33,000	30,727	29,211	28,706
	3	33,000	31,051	29,752	29,319
	2	33,000	31,701	30,835	30,546
	1,5	33,000	32,026	31,376	31,160
	1	33,000	32,350	31,917	31,773
	0,75	33,000	32,513	32,188	32,080
35	1,5	35,000	34,026	33,376	33,160

Примечание. В СТ СЭВ 182—75 приведены размеры резьб для диаметров до 600 мм с шагом до 6 мм

16. Длина свинчивания метрических резьб по СТ СЭВ 640—77

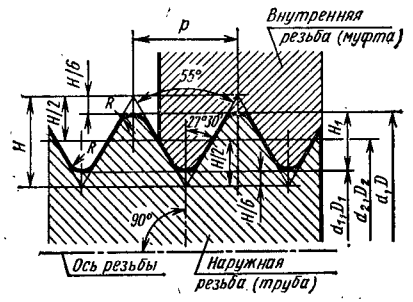
Размеры, мм

Номинальный диаметр резьбы d	Шаг P	Длина свинчивания		
		S, менее	N	L, более
От 1 до 1,4	0,2	0,5	Св. 0,5 до 1,4	1,4
	0,25	0,6	» 0,6 » 1,7	1,7
	0,3	0,7	» 0,7 » 2	2,00
Св. 1,4 до 2,8	0,2	0,5	Св. 0,5 до 1,5	1,5
	0,25	0,6	» 0,6 » 1,9	1,9
	0,35	0,8	» 0,8 » 2,6	2,6
	0,4	1,0	» 1 » 3	3
	0,45	1,3	» 1,3 » 3,8	3,8
Св. 2,8 до 5,6	0,25	0,7	Св. 0,7 до 2,1	2,1
	0,35	1,0	» 1 » 3	3
	0,5	1,5	» 1,5 » 4,5	4,5
	0,6	1,7	» 1,7 » 5	5
	0,7	2	» 2 » 6	6
	0,75	2,2	» 2,2 » 6,7	6,7
	0,8	2,5	» 2,5 » 7,5	7,5
Св. 5,6 до 11,2	0,25	0,8	Св. 0,8 до 2,4	2,4
	0,35	1,1	» 1,1 » 3,4	3,4
	0,5	1,6	» 1,6 » 4,7	4,7
	0,75	2,4	» 2,4 » 7,1	7,1
	1,0	3	» 3 » 9	9
	1,25	4	» 4 » 12	12
	1,5	5	» 5 » 15	15

Продолжение табл. 16

Номинальный диаметр резьбы d	Шаг P	Длина свинчивания		
		S, менее	N	L, более
Св. 11,2 до 22,4	0,35	1,3	Св. 1,3 до 3,8	3,8
	0,5	1,8	» 1,8 » 5,5	5,5
	0,75	2,8	» 2,8 » 8,3	8,3
	1	3,8	» 3,8 » 11	11
	1,25	4,5	» 4,5 » 13	13
	1,5	5,6	» 5,6 » 16	16
	1,75	6	» 6 » 18	18
	2	8	» 8 » 24	24
	2,5	10	» 10 » 30	30
Св. 24 до 45	0,5	2,1	Св. 2,1 до 6,3	6,3
	0,75	3,1	» 3,1 » 9,5	9,5
	1	4	» 4 » 12	12
	1,5	6,3	» 6,3 » 19	19
	2	8,5	» 8,5 » 25	25
	3	12	» 12 » 36	36
	3,5	15	» 15 » 45	45
	4	18	» 18 » 53	53
	4,5	21	» 21 » 63	63
Св. 45 до 90	0,5	2,4	Св. 2,4 до 7,1	7,1
	0,75	3,6	» 3,6 » 11	11
	1	4,8	» 4,8 » 14	14
	1,5	7,5	» 7,5 » 22	22
	2	9,5	» 9,5 » 28	28
	3	15	» 15 » 45	45
	4	19	» 19 » 56	56
	5	24	» 24 » 71	71
	5,5	28	» 28 » 85	85
	6	32	» 32 » 95	95
Св. 90 до 180	0,75	4,2	Св. 4,2 до 12	12
	1	5,6	» 5,6 » 16	16
	1,5	8,3	» 8,3 » 25	25
	2	12	» 12 » 36	36
	3	18	» 18 » 53	53
	4	24	» 24 » 71	71
	6	36	» 36 » 106	106
Св. 180 до 355	1,5	9,5	Св. 9,5 до 28	28
	2	13	» 13 » 38	38
	3	20	» 20 » 60	60
	4	26	» 26 » 80	80
	6	40	» 40 » 118	118
Св. 355 до 600	2	15	Св. 15 до 45	45
	4	29	» 29 » 87	87
	6	43	» 43 » 130	130

17. Размеры (мм) трубной цилиндрической резьбы по СТ СЭВ 1157—78



Обозначение резьбы, дюймы		Число шагов z на длине 25,4 мм	Шаг P	Диаметр резьбы		
1-й ряд	2-й ряд			наружный $d = D$	средний $d_2 = D_2$	внутренний $d_1 = D_1$
1/16	—	28	0,907	7,723	7,142	6,561
1/8				9,728	9,147	8,566
1/4	—	19	1,337	13,157	12,301	11,445
3/8				16,662	15,806	14,950
1/2	—	14	1,814	20,955	19,793	18,631
—	5/8			22,911	21,749	20,587
3/4	—			26,441	25,279	24,117
—	7/8			30,201	29,039	27,877
1	—	11	2,309	33,249	31,770	30,291
—	1 1/8			37,897	36,418	34,939
1 1/4	—			41,910	40,431	38,952
—	1 3/8			44,323	42,844	41,365
1 1/2	—			47,803	46,324	44,845
—	1 3/4			53,746	52,267	50,788
2	—			59,614	58,135	56,656
—	2 1/4			65,710	64,231	62,752
2 1/2	—			75,184	73,705	72,226
3	—			81,534	80,055	78,576
—	2 3/4			87,884	86,405	84,926
—	3 1/4			93,980	92,501	91,022
3 1/2	—			100,330	98,851	97,372
—	3 3/4			106,680	105,201	103,722
4	—			113,030	111,551	110,072

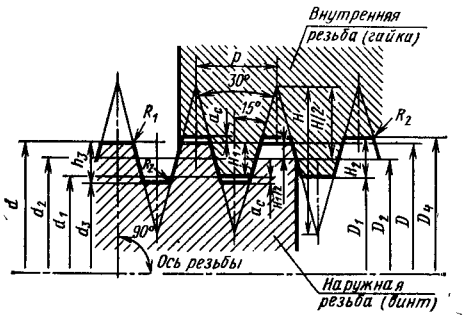
Продолжение табл. 17

Обозначение резьбы, дюймы		Число шагов z на длине 25,4 мм	Шаг P	Диаметр резьбы		
1-й ряд	2-й ряд			наружный $d = D$	средний $d_2 = D_2$	внутренний $d_1 = D_1$
—	4 1/2	11	2,309	125,730	124,251	122,772
5	—			138,430	136,951	135,472
—	5 1/2			151,130	149,651	148,172
6	—			163,830	162,351	160,872

Примечание. Числовые значения шагов определены из соотношения $P = 25{,}4/z$ с округлением до третьего знака после запятой и приняты в качестве исходных при расчете основных элементов профиля.

18. Номинальные профили наружной и внутренней трапецеидальной резьбы и их элементов по СТ СЭВ 146—78

Размеры, мм



Шаг P	a_c	h_3	$R_{1\max} = 0{,}5a_c$	$R_{2\max} = a_c$	Шаг P	a_c	h_3	$R_{1\max} = 0{,}5a_c$	$R_{2\max} = a_c$
1,5	0,15	0,9	0,075	0,15	16	1	9	0,5	1
2	0,25	1,25	0,125	0,25	18	1	10	0,5	1
3	0,25	1,75	0,125	0,25	20	1	11	0,5	1
4	0,25	2,25	0,125	0,25	22	1	12	0,5	1
6	0,25	2,75	0,125	0,25	24	1	13	0,5	1
7	0,5	3,5	0,25	0,5	28	1	15	0,5	1
7	0,5	4	0,25	0,5	32	1	17	0,5	1
8	0,5	4,5	0,25	0,5	36	1	19	0,5	1
9	0,5	5	0,25	0,5	34	1	21	0,5	1
10	0,5	5,5	0,25	0,5	44	1	23	0,5	1
12	0,5	6,5	0,25	0,5	48	1	25	0,5	1
11	1	8	0,5	1	—	—	—	—	—

Трапецеидальную симметричную резьбу используют для механизмов, передающих усилие в обоих направлениях, например, в ходовых винтах, винтах суппортов и др. Угол профиля трапецеидальной резьбы $\alpha = 30°$. СТ СЭВ 146—78 устанавливает профиль трапецеидальной резьбы и размеры ее элементов (табл. 18). В табл. 19 приведены шаги и диаметры трапецеидальных однозаходных резьб по СТ СЭВ 639—77. При выборе диаметров ряд 1 следует предпочитать ряду 2. Однозаходные трапецеидальные резьбы обозначают буквами *Tr*, в обозначении указывают также номинальный диаметр и шаг (например, *Tr* 40×6). Для левой резьбы после условного обозначения ставят буквы *LH* (например, *Tr* 40×6 *LH*). Основные размеры трапецеидальной однозаходной резьбы регламентированы СТ СЭВ 838—78 (табл. 20).

СТ СЭВ 185—79 распространяется на многозаходные трапецеидальные резьбы общего применения и устанавливает основные размеры и допуски для резьбы с диаметрами от 10 до 320 мм и углом профиля 30° по СТ СЭВ 146—78. Для многозаходной резьбы

$$P_h = Pn,$$

где P_h — ход резьбы; P — шаг резьбы; n — число заходов. Многозаходные трапецеидальные резьбы обозначают буквами *Tr*; в обозначении указывают также номинальный диаметр резьбы, числовое значение хода и в скобках числовое значение шага, например, *Tr* 20×4 (P2). Для левой резьбы за условным обозначением ставят буквы *LH*.

19. Диаметры и шаги (мм) трапецеидальных однозаходных резьб по СТ СЭВ 639—77

Номинальные диаметры резьбы *d*		Шаг *P*	Номинальные диаметры резьбы *d*		Шаг *P*
Ряд 1	Ряд 2		Ряд 1	Ряд 2	
8	—	[1,5]; 2*	28	—	2*; 3; [5] 8
—	9	1,5; [2]	—	30	3; [6] 10
10	—	1,5; [2]	32	—	3; [6] 10
—	11	[2]; 3	—	34	3; [6] 10
12	—	2; [3]	36	—	3; [6] 10
—	14	2; [3]	—	38	6*; [7] 10
16	—	2; [4]	40	—	3; 6*; [7] 10
—	18	2; 4	—	42	3; 6*; [7] 10
20	—	2; [4]	44	—	3; [7] 8; 12
—	22	2*; 3; [5] 8	—	46	
24	—	2*; 3; [5] 8	48	—	3; [8] 12
—	26	2*; 3; [5] 8	—	50	

Продолжение табл. 19

Номинальные диаметры резьбы *d*		Шаг *P*	Номинальные диаметры резьбы *d*		Шаг *P*
Ряд 1	Ряд 2		Ряд 1	Ряд 2	
52	—	3; [8]; 12	—	95	4; 5*; [12] 18; 20*
—	55	8*; [9] 12*; 14	100	—	4; 5*; [12] 20
60	—	8*; [9] 12*; 14	—	100	4; 5*; [12] 20
—	65		120	—	6; 14; 16*; 22; 24*
70	—	4; [10]; 16	—	130	6; 14; 16*; 22; 24*
—	75		140	—	6; 14; 16*; 24
80	—	4; [10] 16	—	150	6; 16; 24
—	85	4; 5*; [12] 18; 20*	160	—	6; 8*; 16; 24*; 28
90	—	4; 5*; [12] 18; 20*	—	170	6; 8*; 16; 24*; 28

Примечания. 1. В стандарте приведены диаметры резьб до 640 мм и шаги до 48 мм.

2. Шаги, заключенные в рамки, являются предпочтительными при разработке новых конструкций.

3. Шаги, обозначенные звездочкой, не следует применять при разработке новых конструкций.

20. Основные размеры (мм) трапецеидальной однозаходной резьбы по СТ СЭВ 838—78

Номинальный диаметр резьбы *d*	Шаг *P*	Диаметр резьбы				
		наружный		средний	внутренний	
		d	D_4	$d_2 = D_2$	d_3	D_1
8	1,5	8	8,3	7,25	6,2	6,5
	2	8	8,5	7	5,5	6
9	1,5	9	9,3	8,25	7,2	7,5
	2	9	9,5	8	6,5	7
10	1,5	10	10,3	9,25	8,2	8,5
	2	10	10,5	9	7,5	8
11	2	11	11,5	10	8,5	9
	3	11	11,5	9,5	9,5	8
12	2	12	12,5	11,0	9,5	10
	3	13	12,5	10,5	8,5	9
14	2	14	14,5	13	11,5	12
	3	14	14,5	12	10,5	11