

А. М. КРАВЧЕНКО

ДЕТАЛИ МАШИН И ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ

Справочник

**Приложение Б к электронному учебному изданию
«Кравченко А.М. Детали машин и основы конструирования:
электронный учебник. – Рязань: РВВДКУ, 2017»**

Приложение Б к учебному изданию «Кравченко А.М. Детали машин и основы конструирования: электронный учебник. – Рязань: РВВДКУ, 2017» содержит табличный и иллюстративный материал, необходимый для выполнения учебных задач по расчетам деталей машин и проектированию механических приводов общепромышленного назначения. Приложение предназначено для использования на всех видах учебных занятий по дисциплинам «Детали машин и основы конструирования» и «Техническая механика», а также при изучении других инженерных дисциплин и выполнении контрольных заданий, расчетно-графических работ, курсовых проектов и работ, выпускных квалификационных работ, научно-исследовательских работ.

© Кравченко А. М., 2017

СОДЕРЖАНИЕ

1 КПД И КИНЕМАТИКА ПРИВОДА	12
Таблица 1.1 – Значения КПД для основных видов передач и их элементов	12
Таблица 1.2 – Рациональные значения передаточных чисел основных видов механических передач	13
Таблица 1.3 – Рациональные значения передаточных чисел планетарных передач	14
Таблица 1.4 – Значения передаточных чисел быстроходной u_b и тихоходной u_m ступеней двухступенчатых редукторов	15
Таблица 1.5 – Рациональные значения передаточных чисел двухступенчатых редукторов	17
Таблица 1.6 – Характеристики электродвигателей закрытых обдуваемых единой серии 4А	18
Таблица 1.7 – Электродвигатели серии 4А. Габаритные и установочные размеры	20
Рисунок 1.1 – Габаритные размеры электродвигателей	21
Таблица 1.8 – Значения коэффициента трения качения	22
2 СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ	23
Таблица 2.1 – Механические характеристики сталей и сплавов	23
Таблица 2.2 – Значения допускаемых напряжений для сварных швов	24
Таблица 2.3 – Значения эффективного коэффициента концентрации напряжений k_σ для расчета сварочных швов и деталей в зоне сварки. Дуговая сварка	25
Таблица 2.4 – Значения эффективного коэффициента концентрации напряжений k_σ для расчета сварочных швов и деталей в зоне сварки. Контактная сварка	25
Таблица 2.5 – Геометрические характеристики некоторых плоских фигур	26
Таблица 2.6 – Некоторые геометрические характеристики расчетных сечений в нахлестном соединении	33
3 РЕЗЬБОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ	35
Рисунок 3.1 – Метрическая резьба	36
Таблица 3.1 – Значения параметров метрической резьбы	35
Рисунок 3.2 – Трапецеидальная резьба	40
Таблица 3.2 – Значения параметров трапецеидальной резьбы	41
Таблица 3.3 – Болты с шестигранной головкой. Конструкция и размеры	42
Таблица 3.4 – Классы прочности и механические характеристики материалов резьбовых деталей	43

Таблица 3.5 – Значения требуемого коэффициента запаса прочности $[S_T]$ при расчете болтов с неконтролируемой затяжкой	43
Таблица 3.6 – Значения коэффициента затяжки	44
Таблица 3.7 – Значения допускаемых напряжений и требуемого коэффициента запаса прочности	45
Таблица 3.8 – Значения эффективного коэффициента концентрации напряжений в резьбе $k_{\sigma D}$	46
Таблица 3.9 – Значения коэффициента внешней нагрузки	46
Таблица 3.10 – Значения коэффициента трения в стыке	46
Таблица 3.11 – Значения коэффициента запаса в стыке k	47
Таблица 3.12 – Значения коэффициента μ приведения длины сжатого стержня	47
Таблица 3.13 – Угол наклона рабочей стороны профиля резьбы α	48
Таблица 3.14 – Значение коэффициента трения скольжения при смазке	48
Таблица 3.15 – Значения коэффициента высоты гайки	48
Таблица 3.16 – Значения коэффициента рабочей высоты профиля	48
Таблица 3.17 – Значения среднего допускаемого давления в резьбе $[p]_{изн}$	49
Таблица 3.18 – Значения $\lambda_{пред}, \lambda_o, a, b$	49
Таблица 3.19 – Значения допускаемых напряжений на смятие материала в стыке	49
Таблица 3.20 – Геометрические параметры гайки	50
4 РЕМЕННЫЕ ПЕРЕДАЧИ	51
Рисунок 4.1 – Схема ременной передачи	51
Рисунок 4.2 – Сечения ремней	52
Рисунок 4.3 – Зависимость коэффициента C_{α} , учитывающего влияние на тяговую способность передачи угла охвата (конструктивное ограничение)	53
Рисунок 4.4 – Зависимость коэффициента длины ремня C_L от расчетной длины ремня L для клиновых ремней сечений О, А, Б	54
Рисунок 4.5 – Зависимость коэффициента длины ремня C_L от расчетной длины ремня L для клиновых ремней сечений В, Г, Д	55
Рисунок 4.6 – Зависимость коэффициента передаточного отношения C_u от величины передаточного отношения u_{ym} (при $u_{ym} \geq 3$ $C_u = 1,14$)	56
Таблица 4.1 – Рекомендуемые значения расчетных диаметров шкивов для клиновых ремней	57

Таблица 4.2 – Наибольшая допускаемая скорость ремня v_{max}	58
Таблица 4.3 – Значения коэффициента скольжения ε	58
Таблица 4.4 – Значения коэффициента C	58
Таблица 4.5 – Рекомендуемые межосевые расстояния a	59
Таблица 4.6 – Ряд расчетных длин ремней	59
Таблица 4.7 – Основные размеры и справочные данные приводных клиновых ремней	60
Таблица 4.8 – Мощность P_o , передаваемая одним клиновым ремнем, при $u=1$, $\alpha=180^\circ$, длине L и спокойной работе	61
Таблица 4.9 – Значения коэффициента динамичности в зависимости от режима работы	63
Таблица 4.10 – Значения коэффициента числа ремней C_z	63
Таблица 4.11 – Размеры профиля канавок и шкивов клиноременных передач	64
Рисунок 4.7 – Мощность P_o , передаваемая одним клиновым ремнем нормального сечения В(Б) при $u=1$, $\alpha=180^\circ$, длине $L=2240$ мм и спокойной работе	65
5 ЦЕПНЫЕ ПЕРЕДАЧИ	66
Рисунок 5.1 – Схема цепной передачи	66
Таблица 5.1 – Допускаемое давление в шарнирах роликовых цепей $[p]$	67
Таблица 5.2 – Частные коэффициенты, входящие в коэффициент эксплуатации K_ε	68
Таблица 5.3 – Цепи приводные роликовые однорядные типа ПР	69
Таблица 5.4 – Цепи приводные роликовые двухрядные типа 2ПР	70
Таблица 5.5 – Допускаемые значения частоты вращения $[n_1]$ малой звездочки для приводных роликовых цепей (при $z_1 \geq 15$)	71
Таблица 5.6 – Значения коэффициента провисания цепи K_f	71
Таблица 5.7 – Значения коэффициента нагрузки вала K_σ	71
Таблица 5.8 – Значения допускаемого коэффициента запаса прочности $[S]$ приводных роликовых цепей типа ПР и 2ПР	72
Таблица 5.9 – Допускаемое давление в шарнирах цепи $[p_u]$	72
Таблица 5.10 – Значения коэффициента $K_{ряд}$, учитывающего неравномерность распределения нагрузки по рядам цепи	72

Таблица 5.11 – Площадь опорной поверхности шарнира однорядной цепи	73
6 ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ	74
Таблица 6.1 – Сочетания материалов зубчатой пары и варианты термической обработки	74
Таблица 6.2 – Значения пределов текучести σ_T материалов, применяемых для изготовления зубчатых колес . .	75
Таблица 6.3 – Значения параметров σ_{Hlimb} , σ_{Flimb}^o , $[\sigma]_{Hmax}$, σ_{FSI}^o	76
Таблица 6.4 – Значения коэффициентов, характеризующих интенсивность типовых режимов нагружения	76
Таблица 6.5 – Значения коэффициентов ширины колеса относительно межосевого расстояния ψ_{ba} и ширины колеса относительно диаметра ψ_{bd}	77
Таблица 6.6 – Стандартные значения коэффициента ширины колеса относительно межосевого расстояния	77
Таблица 6.7 – Нормальные линейные размеры	78
Таблица 6.8 – Значения ширины шестерни b_1 в зависимости от ширины колеса b_2	78
Таблица 6.9 – Стандартные значения модулей	78
Таблица 6.10 – Основные геометрические параметры цилиндрических прямозубых передач внешнего зацепления	79
Таблица 6.11 – Основные геометрические параметры цилиндрических косозубых и шевронных передач внешнего зацепления	80
Таблица 6.12 – Размеры фасок на торцах зубчатого венца	80
Таблица 6.13 – Разбивка коэффициента суммы смещения x_Σ цилиндрической прямозубой передачи на составляющие x_1 и x_2	81
Таблица 6.14 – Степень точности передачи в зависимости от окружной скорости	82
Таблица 6.15 – Значения коэффициентов K_{Ha} и K_{Fa}	82
Таблица 6.16 – Значения коэффициента K_{Hv}	83
Таблица 6.17 – Значения коэффициента K_{Fv}	83
Таблица 6.18 – Значения внешнего делительного диаметра конического колеса	84
Таблица 6.19 – Число зубьев конической шестерни в зависимости от твердости рабочих поверхностей зубьев .	84
Таблица 6.20 – Основные геометрические параметры конических прямозубых передач со смещением	85
Таблица 6.21 – Основные геометрические параметры конических передач с круговым зубом	86

Таблица 6.22 – Значения коэффициента смещения инструмента для конических колес	87
Таблица 6.23 – Выбор знака в формулах для определения F_a и F_r конических передач с круговым зубом	88
Таблица 6.24 – Значения коэффициента s в зависимости от передаточного числа для одноступенчатых планетарных передач	89
Таблица 6.25 – Значения коэффициента смещения для планетарных передач	89
Таблица 6.26 – Стандартные значения межосевых расстояний	89
Таблица 6.27 – Механические свойства сталей, применяемых для изготовления зубчатых колес	90
Таблица 6.28 – Значения коэффициента $K_{H\beta}$	91
Таблица 6.29 – Значения коэффициента $K_{F\beta}$	92
Таблица 6.30 – Значение коэффициента Y_F для зубчатых передач, выполненных без смещения	92
Рисунок 6.1 – График для определения базового числа циклов перемены напряжений N_{hlimb}	93
Рисунок 6.2 – Типовые режимы нагружения	94
Рисунок 6.3 – График для определения коэффициента Z_N	95
Рисунок 6.4 – График для определения Z_{min} в зависимости от коэффициента смещения x для цилиндрических прямозубых передач	96
Рисунок 6.5 – Варианты расположения зубчатых колес относительно опор	97
Рисунок 6.6 – Графики для ориентировочного определения коэффициента $K_{H\beta}$	98
Рисунок 6.7 – Графики для определения коэффициента формы зуба Y_{FS}	99
Рисунок 6.8 – Графики для ориентировочного определения коэффициента $K_{F\beta}$	100
Рисунок 6.9 – Графики для определения предварительного числа зубьев шестерни z_1 конических передач	101
Рисунок 6.10 – Схемы конических редукторов	102
Рисунок 6.11 – Графики для определения коэффициента $K_{H\beta}$ конических передач	103
Рисунок 6.12 – Графики для определения коэффициента Z_H , учитывающего форму сопряженных поверхностей	104
Рисунок 6.13 – Графики для определения коэффициента Z_ϵ , учитывающего перекрытие зубьев	105
Рисунок 6.14 – Графики для определения коэффициента Z_v	106
Рисунок 6.15 – График для определения коэффициента Z_x	107

7 ЧЕРВЯЧНЫЕ ПЕРЕДАЧИ	108
Таблица 7.1 – Материалы для червячных колес	108
Таблица 7.2 – Материалы для червяков	109
Таблица 7.3 – Значения коэффициента C_v , учитывающего интенсивность изнашивания зуба червячного колеса в зависимости от скорости скольжения	109
Таблица 7.4 – Число заходов червяка z_1 в зависимости от передаточного числа u	109
Таблица 7.5 – Стандартные значения модулей m и соответствующие им коэффициенты диаметра червяка q ..	109
Таблица 7.6 – Значения коэффициента режима нагружения X	110
Таблица 7.7 – Геометрические размеры червяка и колеса	110
Таблица 7.8 – Длина нарезанной части червяка b_1	111
Таблица 7.9 – Значения приведенного угла трения ρ'	111
Таблица 7.10 – Степень точности червячной передачи	112
Таблица 7.11 – Значения коэффициента деформации червяка θ	112
Таблица 7.12 – Значения коэффициента формы зуба Y_{FS} червячных колес	112
Таблица 7.13 – Приближенные значения площади корпуса червячного редуктора в зависимости от межосевого расстояния a_w	113
Таблица 7.14 – Значения коэффициента теплопередачи $K_{ТВ}$ при обдуве вентилятором	113
Рисунок 7.1 – Графики для определения начального коэффициента концентрации K_b^o	114
8 СОРТАМЕНТ ПРОКАТНОЙ СТАЛИ	115
Рисунок 8.1 – Уголки стальные	115
Рисунок 8.2 – Швеллеры стальные	115
Рисунок 8.3 – Двутавры стальные	115
Таблица 8.1 – Уголки стальные горячекатаные равнополочные	116
Таблица 8.2 – Швеллеры стальные горячекатаные	120
Таблица 8.3 – Двутавры стальные горячекатаные	121
9 ШПОНОЧНЫЕ И ЗУБЧАТЫЕ СОЕДИНЕНИЯ. СОЕДИНЕНИЯ НАТЯГОМ	122
Таблица 9.1 – Допускаемые напряжения на смятие $[\delta]_{см}$ для шпоночных соединений	122

Таблица 9.2 – Допускаемые напряжения на смятие $[\delta]_{см}$ для шлицевых соединений	122
Таблица 9.3 – Размеры шпонок призматических	123
Таблица 9.4 – Значения коэффициента запаса сцепления K в соединении натягом	124
Таблица 9.5 – Значения коэффициента трения f в соединении натягом	124
Таблица 9.6 – Значения модуля упругости E и коэффициента Пуассона μ материалов вала и втулки	124
Таблица 9.7 – Значения R_a для посадочных поверхностей отверстий и валов	125
Таблица 9.8 – Значения натягов N_{min}/N_{max} для стандартных посадок	126
Таблица 9.9 – Значения коэффициента трения f_n при прессовании	127
Таблица 9.10 – Значения коэффициента линейного расширения α при прессовании	127
Таблица 9.11 – Значения дополнительного зазора для облегчения сборки	127
Таблица 9.12 – Соединения шлицевые прямобочные	128
10 ВАЛЫ И ОСИ	131
Таблица 10.1 – Значения коэффициентов K_σ и K_τ для валов с галтелями	131
Таблица 10.2 – Значения коэффициентов K_σ и K_τ для валов с выточками	133
Таблица 10.3 – Значения коэффициентов K_σ и K_τ в месте шпоночной канавки	135
Таблица 10.4 – Значения коэффициентов K_σ и K_τ для шлицевых участков вала	135
Таблица 10.5 – Концентрация напряжений в местах установки детали с натягом	136
Таблица 10.6 – Значения коэффициентов $K_{d\tau}$ и $K_{d\sigma}$	136
Таблица 10.7 – Значения коэффициента K_F	136
Таблица 10.8 – Значения коэффициента K_V	137
Таблица 10.9 – Значения коэффициентов ψ_σ и ψ_τ	137
Таблица 10.10 – Значения осевого и полярного моментов сопротивления некоторых сечений валов	138
Таблица 10.11 – Значения допускаемого напряжения изгиба для валов и вращающихся осей	140
Таблица 10.12 – Номинальные размеры концов валов цилиндрических	141
Таблица 10.13 – Номинальные размеры концов валов конических	142
Таблица 10.14 – Размеры галтелей постоянного радиуса	143
Таблица 10.15 – Размеры канавок для выхода шлифовального круга	143

Таблица 10.16 – Размеры проточек для наружной метрической резьбы	144
Таблица 10.17 – Размеры конструктивных элементов валов	145
Таблица 10.18 – Основные размеры резиновых армированных манжет для валов	146
Таблица 10.19 – Шайбы уплотнительные стальные	147
Таблица 10.20 – Численные значения допусков IT для квалитетов 4–14	148
Таблица 10.21 – Штифты конические	149
11 ПОДШИПНИКИ И ПОДШИПНИКОВЫЕ УЗЛЫ	150
Таблица 11.1 – Значения коэффициента безопасности K_b	150
Таблица 11.2 – Значения коэффициента надежности a_1	151
Таблица 11.3 – Значения коэффициента a_{23}	151
Таблица 11.4 – Минимальная долговечность подшипников в различных типах редукторов	152
Таблица 11.5 – Значения коэффициентов осевого нагружения e , радиальной X и осевой Y нагрузок для различных типов подшипников	153
Таблица 11.6 – Рекомендации по выбору радиально-упорных шарикоподшипников	155
Таблица 11.7 – Подшипники гибкие шариковые радиальные. Основные размеры	156
Таблица 11.8 – Шариковые радиальные однорядные подшипники	157
Таблица 11.9 – Подшипники шариковые радиальные однорядные со стопорной канавкой на наружном кольце	160
Таблица 11.10 – Шариковые радиально-упорные однорядные подшипники	162
Таблица 11.11 – Подшипники шариковые радиальные сферические двухрядные	163
Таблица 11.12 – Подшипники роликовые конические однорядные повышенной грузоподъемности. Основные размеры	165
Рисунок 11.1 – Определение точек приложения реакций в радиально-упорных подшипниках	166
Таблица 11.13 – Подшипники роликовые конические однорядные с большим углом конуса. Серии диаметров 3, серии ширины 0 ($\alpha=20-30^\circ$)	167
Таблица 11.14 – Роликоподшипники конические однорядные с упорным бортом на наружном кольце	168
Таблица 11.15 – Подшипники роликовые радиальные с короткими цилиндрическими роликами	169
Таблица 11.16 – Значения коэффициента, характеризующего интенсивность типовых режимов нагружения	170

Таблица 11.17 – Значения коэффициента минимальной осевой нагрузки e' для регулируемых радиально - упорных подшипников	171
Таблица 11.18 – Значение температурного коэффициента K_T	171
Рисунок 11.2 – Графики для определения коэффициента минимальной осевой нагрузки e'	172
Рисунок 11.3 – Схема установки конических подшипников на валу конической шестерни	173
Рисунок 11.4 – Схема установки радиально-упорных шариковых подшипников на валу червяка	173
Рисунок 11.5 – Схема установки радиальных шариковых подшипников на валу цилиндрической шестерни ..	174
Рисунок 11.6 – Схема установки сдвоенных конических подшипников на валу червяка	174
Рисунок 11.7 – Упрощенное изображение подшипников качения на сборочных чертежах	175
Рисунок 11.8 – Вычерчивание внутренней конструкции подшипников качения	176
Рисунок 11.9 – Вычерчивание внутренней конструкции роликовых конических подшипников	176
Рисунок 11.10 – Структура полного обозначения подшипников качения	177
12 РЕДУКТОРЫ	178
Таблица 12.1 – Значения горизонтального размера литого перехода стенки корпуса редуктора	178
Таблица 12.2 – Значения ширины фланца k	178
Таблица 12.3 – Высота расположения осей h	178
Таблица 12.4 – Основные размеры крышек подшипниковых узлов	179
Таблица 12.5 – Размеры мест установки манжеты	179
Таблица 12.6 – Основные размеры крышек подшипников	180
Список литературы	181

1 КПД И КИНЕМАТИКА ПРИВОДА

Таблица 1.1 – Значения КПД для основных видов передач и их элементов

Тип редуктора или передачи	η
Цилиндрические и конические одноступенчатые	0,98
Цилиндрический и коническо-цилиндрический двухступенчатые	0,96
Цилиндрический трехступенчатый и коническо-цилиндрический трехступенчатый	0,96
Планетарный одноступенчатый	0,97
Планетарный двухступенчатый	0,95
Червячный одноступенчатый	0,8
Червячный двухступенчатый	0,6
Червячно-цилиндрический и цилиндрическо-червячный двухступенчатый	0,77
Ременная передача	0,95
Цепная передача	0,94
Муфта соединительная	0,99
Подшипники качения (одна пара)	0,995
Волновой редуктор	0,9

Таблица 1.2 – Рациональные значения передаточных чисел основных видов механических передач

Вид передачи	Значения передаточных чисел	
	Рекомендуемые	Предельные
Цилиндрическая:		
прямозубая	2,5–4	6,3
косозубая	2,5–5	6,3
шевронная	3,15–5	8
Коническая:		
прямозубая	2–3,15	3,15
косозубая и с криволинейным зубом	2–4	5
Цепная	1,5–4	7
Ременная	2–4	8
Червячная	10–50	80

Таблица 1.3 – Рациональные значения передаточных чисел планетарных передач

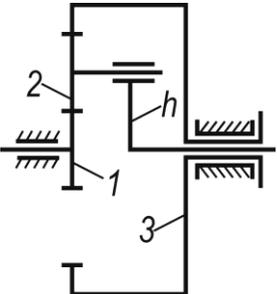
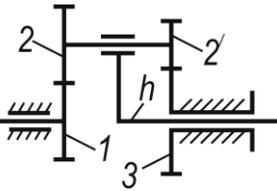
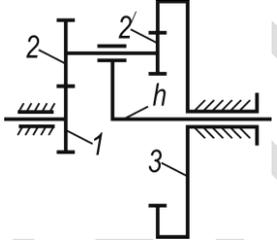
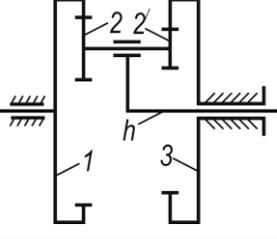
Схема передачи	Передаточное число	
	Расчетная формула	u
	При остановленном колесе 3	3–9
	$u_{1h} = 1 + z_3/z_1$	
	При остановленном колесе 1	1,13–1,5
	$u_{3h} = 1 + z_1/z_3$	
	При остановленном колесе 3	7–16
	$u_{1h} = 1 + \frac{z_2 z_3}{z_1 z_2}$	
		30–100
	$u_{1h} = 1 - \frac{z_2 z_3}{z_1 z_2}$	
		20–200
	$u_{1h} = 1 - \frac{z_2 z_3}{z_1 z_2}$	

Таблица 1.4 – Значения передаточных чисел быстроходной u_{δ} и тихоходной u_m ступеней двухступенчатых редукторов

Тип редуктора	Схема	Передаточное число	
		u_m	u_{δ}
Двухступенчатый цилиндрический по развернутой схеме		$0,88\sqrt{u_{ред}}$	$u_{ред}/u_m$
Двухступенчатый соосный		$0,95\sqrt{u_{ред}}$	$u_{ред}/u_m$

Продолжение таблицы 1.4

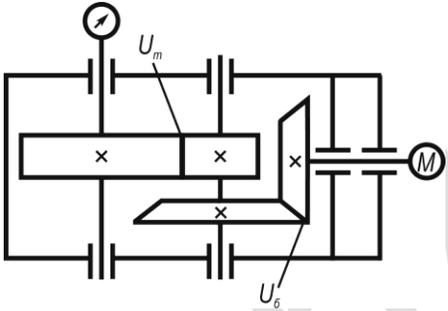
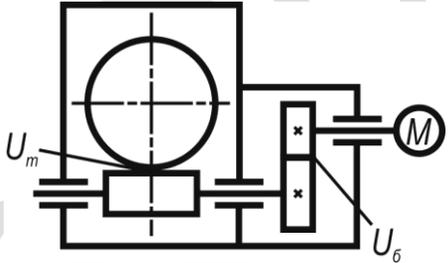
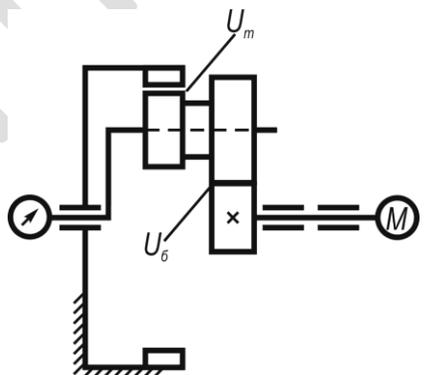
Редуктор	Схема	Передаточное число	
		u_m	u_6
Коническо - цилиндрический		$1,1\sqrt{u_{ред}}$	$u_{ред}/u_m$
Цилиндрическо - червячный		$u_{ред}/u_6$	1,6–3,15
Планетарный двухступенчатый		$u_{ред}/4$	4

Таблица 1.5 – Рациональные значения передаточных чисел двухступенчатых редукторов

Тип редуктора	Предельные значения	Рациональные значения
Цилиндрический	8–40	10–23
Коническо-цилиндрический	8–25	8–16
Зубчато-червячный	35–80	35–50
Червячный	120–400	120–250

Таблица 1.6 – Характеристики электродвигателей закрытых обдуваемых единой серии 4А

Мощность, $P_{дв}$, кВт,	Типоразмер двигателя	Номин. частота вращения, мин^{-1} $n_{ном. дв.}$	T_{max}	$d_{дв}$, мм	Мощность, $P_{дв}$, кВт	Типоразмер двигателя	Номин. частота вращения, мин^{-1} $n_{ном. дв.}$	T_{max}	$d_{дв}$, мм
			$T_{ном}$					$T_{ном}$	
Синхронная частота вращения $n_s=3000 \text{ мин}^{-1}$					Синхронная частота вращения $n_s=1500 \text{ мин}^{-1}$				
0,75	4A71A2	2840	2,2	19	0,55	4A71A4	1390	2,2	19
1,1	4A71B2	2810	2,2	19	0,75	4A71B4	1390	2,2	19
1,5	4A80A2	2850	2,2	22	1,1	4A80A4	1420	2,2	22
2,2	4A80B2	2850	2,4	22	1,5	4A80B4	1415	2,2	22
3	4A90L2	2840	2,4	24	2,2	4A90L4	1425	2,4	24
4	4A100S2	2880	2,4	24	3	4A100 4	1435	2,4	24
5,5	4A100L2	2880	2,4	28	4	4A100S4	1430	2,4	28
7,5	4F112M2	2900	3,0	32	5,5	4A112M4	1445	2,4	32
11	4A132M2	2900	3,0	38	7,5	4A132S4	1455	3,0	38
15	4A160S2	2940	2,3	42	11	4A132M4	1460	3,0	38
18,5	4A160M2	2940	2,3	42	15	4A160S4	1465	2,3	42
22	4A180S2	2945	2,3	48	18,5	4A160M4	1465	2,3	48
30	4A180M2	2945	2,3	48	22	4A180S4	1470	2,3	55
37	4A200M2	2943	2,3	55	30	4A180M4	1470	2,3	55
45	4A200L2	2946	2,3	55	45	4A200M4	1475	2,3	60
55	4A225M2	2946	2,3	55	45	4A200L4	1476	2,3	60
					55	4A225M4	1479	2,3	65

Продолжение таблицы 1.6

Мощность, $P_{\text{дв}}$, кВт,	Типоразмер двигателя	Номин. частота вращения, мин^{-1} $n_{\text{ном. дв.}}$	T_{max}	$d_{\text{дв}}$, мм	Мощность, $P_{\text{дв}}$, кВт	Типоразмер двигателя	Номин. частота вращения, мин^{-1} $n_{\text{ном. дв.}}$	T_{max}	$d_{\text{дв}}$, мм
			$T_{\text{ном}}$					$T_{\text{ном}}$	
Синхронная частота вращения $n_s=1000 \text{ мин}^{-1}$					Синхронная частота вращения $n_s=750 \text{ мин}^{-1}$				
0,37	4A71A6	910	2,2	19	0,25	4A71B8	680	1,7	19
0,55	4A71B6	900	2,2	19	0,37	4A80A8	675	1,7	22
0,75	4A80A6	915	2,2	22	0,55	4A80B8	700	1,7	22
1,1	4A80B6	920	2,2	22	0,75	4A90LA8	700	1,9	28
1,5	4A90L6	935	2,2	24	1,1	4A90LB8	700	1,9	28
2,2	4A100L6	950	2,2	28	1,5	4A100L8	700	1,9	28
3	4A112MA6	955	2,5	32	2,2	4A112MA8	700	2,2	32
4	4A112MB6	950	2,5	32	3	4A112MB8	700	2,2	32
5,5	4A132S6	965	2,5	38	4	4A132S8	720	2,6	38
7,5	4A132M6	970	2,5	38	5,5	4A132M8	720	2,6	38
11	4A160S6	975	2,0	48	7,5	4A160S8	730	2,2	48
15	4A160M6	975	2,0	48	11	4A160M8	730	2,2	48
18,5	4A180M6	975	2,0	55	15	4A180M8	730	2,0	55
22	4A200M6	924	2,0	60	18,5	4A200M8	732	2,0	60
30	4A200L6	930	2,0	60	22	4A200L8	730	2,0	60
37	4A225M6	933	2,0	65	30	4A225M8	736	2,0	65
45	4A250S6	936	2,0	75	37	4A250S8	738	2,0	75
55	4A250M6	938	2,0	75	45	4A250M8	740	2,0	75
					55	4A280S8	734	2,0	75

Примечание – В типоразмерах двигателей цифра 4 означает порядковый номер серии, А – род двигателя (асинхронный); буква А на третьем месте – что станина и щиты двигателя алюминиевые; двух- или трехзначное число указывает высоту оси вращения; буквы L, S и M – установочный размер по длине станины; буквы А и В – длина сердечника статора; цифры 2, 4, 6 и 8 – число полюсов.

Продолжение таблицы 1.7

Типоразмер	Число полюсов	Габаритные размеры, мм				Установочные и присоединительные размеры, мм							
		L_1	L_2	H	D	d_1	d_2	l_1	l_2	l_3	b	d	
4A200M	2	760	875	535	450	55	55	110	133	267	318	19	
	4; 6; 8	780	905			60		140					
4A200L	2	800	915	575	491	55		110		149			305
	4; 6; 8	830	945			60		140					
4A225M	2	810	925	610	554	55	140	168	311	356			
	4; 6; 8	840	985			65					60		
4A250S	2	915	1060	610	554	65			65	311	406		
	4; 6; 8					75			70				
4A250M	2	955	1100	610	554	65	65	349	406				
	4; 6; 8					75	70			24			

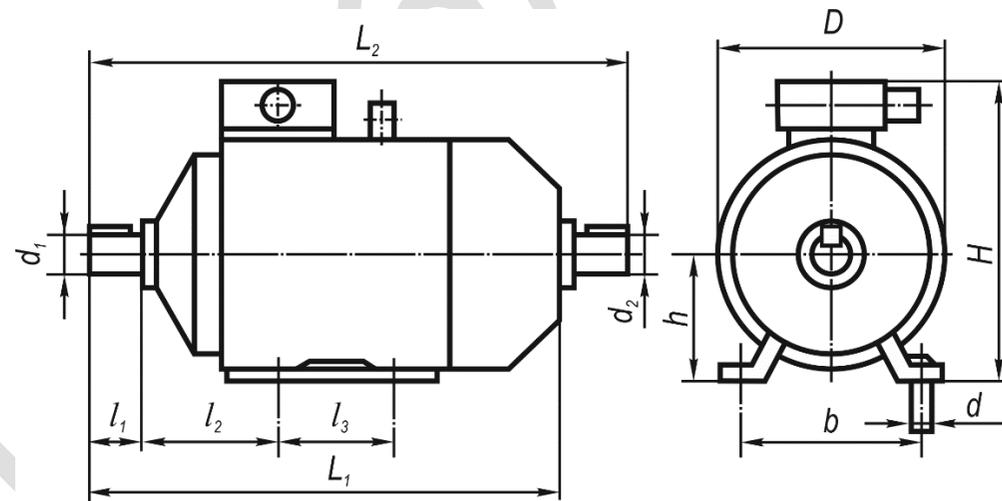


Рисунок 1.1 – Габаритные размеры электродвигателей

Таблица 1.8 – Значения коэффициента трения качения

Тип покрытия	f_k
Колесо:	
асфальтобетон	0,01
бетон, мелкая брусчатка	0,015
гравийное укатанное с дегтевой пропиткой	0,02
щебеночное	0,025
грунтовое укатанное	0,05
грунтовое размокшее	0,1
пахота	0,15–0,35
Гусеничный движитель:	
на пахоте	0,07–0,15
на укатанном снегу	0,15
на рыхлом снегу	0,30
Стальное колесо на рельсе	0,001–0,002

2 СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Таблица 2.1 – Механические характеристики сталей и сплавов, МПа

Марка стали	σ_s	σ_T	σ_{-1}	σ_{-1p}	τ_T	τ_{-1}
0,8	330	200	120	150	–	90
10 (Ст 2)	320–420	180	160	120–150	140	80–120
15	350–450	200	170	120–160	140	85–130
20 (Ст 3)	400–500	240	170–220	120–160	160	100–130
20Г	480–580	480	250	180	170	90
25 (Ст 4)	430–550	240	190	–	–	–
30	480–600	280	200–270	170–210	170	110–140
35 (Ст 5)	520–650	300	220–300	170–220	190	130–180
40	570–700	310–400	230–320	180–240	–	140–190
40Г	640–760	360	250	180	210	150
45	600–750	340	250–340	190–250	220	150–200
45Г2	700–920	420	310–400	210	260	180–220
50	630–800	350	270–350	200–260	–	160–210
50Г	650–850	370	290–360	–	–	–
65	750–1000	380	270–360	220–360	260	170–210
18ХГТ	700	430	350	280	–	200
20Х	650–850	400–600	310–380	230	360	230
30Х	700–900	600–800	360	260	420	220
30ХМА	950	750	470	–	–	–
30ХГСА	1100	850	480–700	–	–	280–400
35Х	950	750	–	–	–	–
40Х	750–1050	650–950	320–480	240–340	–	210–260
40ХН	1000–1450	800–1300	460–600	320–420	390	240
45Х	850–1050	750–950	400–500	–	–	–
50ХН	1100	850	550	–	–	–
12ХН3А	950–1400	700–1100	420–640	270–320	400	220–300
40ХН2МА	1150–1700	850–1600	550–700	–	700	300–400

Таблица 2.2 – Значения допускаемых напряжений для сварных швов

Вид технологического процесса сварки	Вид деформации и допускаемое напряжение		
	Растяжение $[\sigma]_p$	Сжатие $[\sigma]_p$	Срез $[\tau]_p$
Автоматическая и полуавтоматическая сварка под флюсом	$[\sigma]_p$	$[\sigma]_p$	$0,65[\sigma]_p$
Ручная дуговая сварка электродами Э50А, Э42А, газовая сварка	$[\sigma]_p$	$[\sigma]_p$	$0,65[\sigma]_p$
Ручная дуговая сварка электродами Э50, Э42	$0,9[\sigma]_p$	$[\sigma]_p$	$0,6[\sigma]_p$
Контактная точечная и шовная	–	–	$0,5[\sigma]_p$

Примечания

1 В таблице $[\sigma]_p = \sigma_T [S]$ – допускаемое напряжение на растяжение для материала соединяемых деталей. Для углеродистых сталей $[S] = 1,35-1,6$; для легированных $[S] = 1,5-1,7$. Значения $[\sigma_T]$ приведены в таблице 2.1;

2 Коэффициент, учитывающий переменную нагрузку

$$\gamma = \frac{I}{(ak_\sigma \pm b) - (ak_\sigma \mp b)R} \leq I, *$$

где a , b и k – коэффициенты, выбираемые по таблице 2.3;

R – характеристика цикла:

$$R = \sigma_{min} / \sigma_{max}$$

где σ_{min} и σ_{max} – наименьшие и наибольшие по абсолютной величине напряжения, взятые со своими знаками;

2 В формуле (*) верхние знаки в скобках соответствуют преобладающему растяжению, нижние знаки – преобладающему сжатию

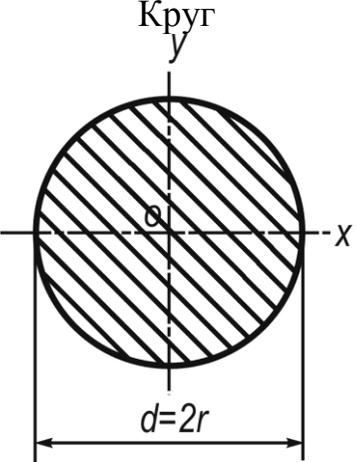
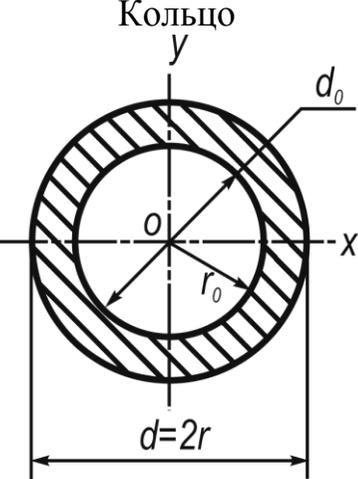
Таблица 2.3 – Значения эффективного коэффициента концентрации напряжений k_σ для расчета сварных швов и деталей в зоне сварки. Дуговая сварка

Расчетный элемент	k_σ	
	Углеродистая сталь $a=0,58; b=0,26$	Низколегированная сталь $a=0,65; b=0,3$
Деталь в месте перехода к стыковому шву	1,5	1,9
то же, к лобовому шву	2,7	3,3
то же, к фланговому шву	3,5	4,5
Стыковой шов с полным проваром корня	1,0–1,2	1,0–1,4
Угловой фланговый шов	3,5	4,5
Угловой лобовой шов:		
при ручной сварке	2,3	3,2
при автоматической сварке	1,7	2,4

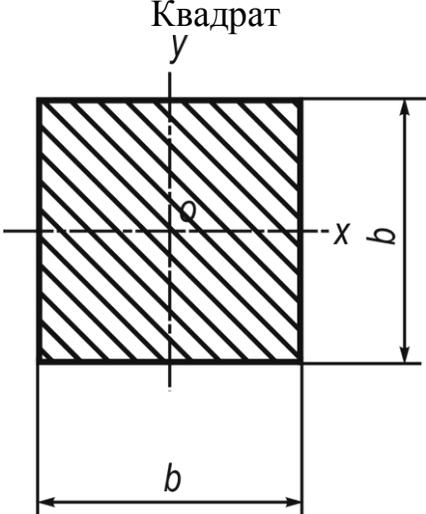
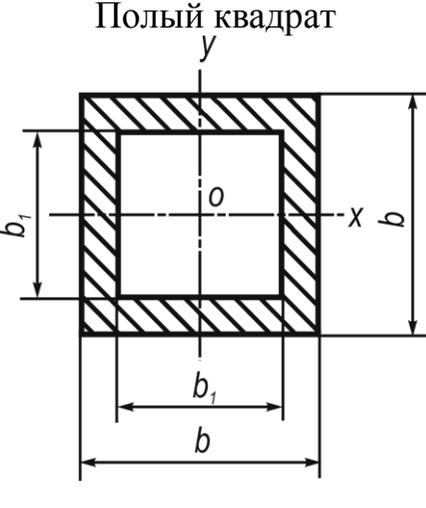
Таблица 2.4 – Значения эффективного коэффициента концентрации напряжений k_σ для расчета сварных швов и деталей в зоне сварки. Контактная сварка

Марка	Состояние образца	Толщина, мм	При точках	
			связующих	рабочих
Точечная и роликовая сварка (цифры в скобках)				
Сталь 10	Нормализованный	3+3	1,4 (1,25)	7,5 (5)
Сталь 30ХГСА	Отпуск	1,5+1,5	1,35	12
Титановый сплав ВД1	В состоянии поставки	1,5+1,5	2 (1,3)	10 (5)
Алюминиевый сплав Д16Т	В состоянии поставки	1,5+1,5	2 (1,3)	5 (2,25)

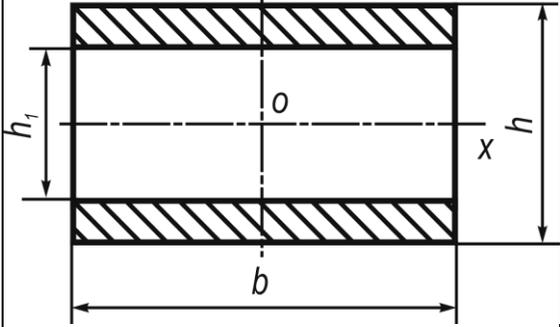
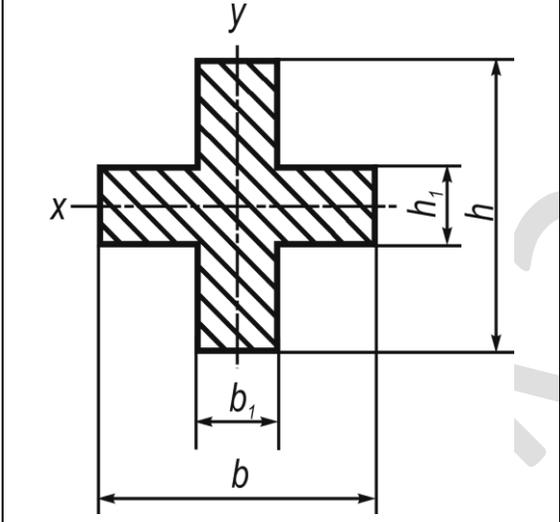
Таблица 2.5 – Геометрические характеристики некоторых плоских фигур

Форма поперечного сечения	Площадь сечения, мм ²	Осей момент инерции, мм ⁴	Момент сопротивления, мм ³
<p>Круг</p> 	$\pi d^2/4$	$J_x=J_y=\pi d^2/64 = \pi r^2/4;$ $J_x=J_y \approx 0,05d^4$	$W_x=W_y = \pi d^3/32 = \pi r^3/4;$ $W_x=W_y \approx 0,1d^3$
<p>Кольцо</p> 	$\pi(d^2-d_0^2)/4$	$J_x=J_y=\pi(d^4-d_0^4)/64 = \pi d^2/64(1-C^4);$ $J_x=J_y=\pi r^2/4(1-C^4);$ $J_x=J_y \approx 0,05d^4(1-C^4);$ $C=d_0/d$	$W_x=W_y=\pi d^3/32(1-C^4);$ $W_x=W_y \approx 0,1d^3(1-C^4)$

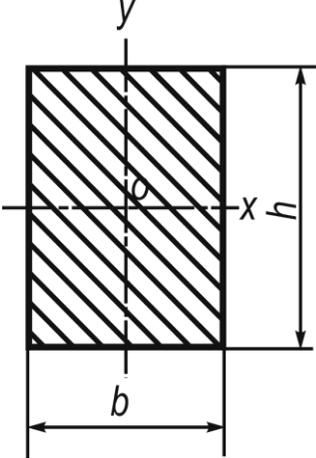
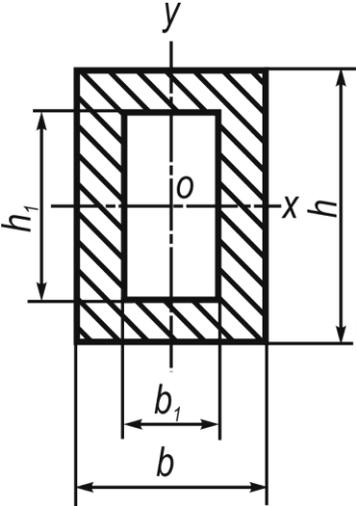
Продолжение таблицы 2.5

Форма поперечного сечения	Площадь сечения, мм ²	Осевой момент инерции, мм ⁴	Момент сопротивления, мм ³
<p>Квадрат</p> 	b^2	$J_x = J_y = b^4/12$	$W_x = W_y = b^3/6$
<p>Полый квадрат</p> 	$b^2 - b_1^2$	$J_x = J_y = (b^4 - b_1^4)/12$	$W_x = W_y = (b^4 - b_1^4)/6b$

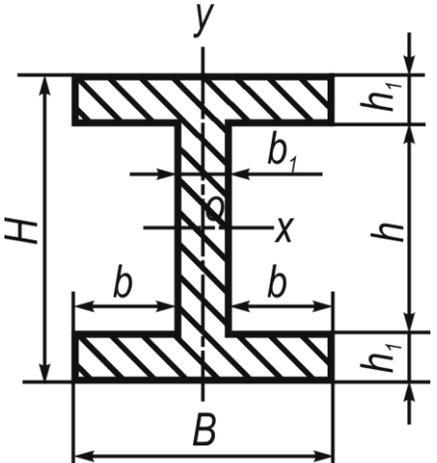
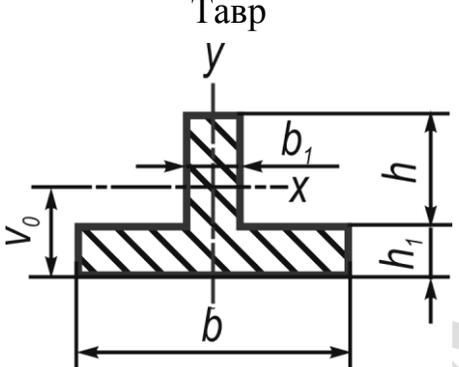
Продолжение таблицы 2.5

Форма поперечного сечения	Площадь сечения, мм ²	Осевой момент инерции, мм ⁴	Момент сопротивления, мм ³
<p>Сечение из двух равных прямоугольников</p> 	$b(h-h_1)$	$J_x = \frac{b(h^3 - h_1^3)}{12};$ $J_y = \frac{b^3(h - h_1)}{12}$	$W_x = \frac{b(h^3 - h_1^3)}{6h};$ $W_y = \frac{b^2(h - h_1)}{6}$
<p>Крестообразное сечение</p> 	$hb_1 + (b-b_1)h_1$	$J_x = b_1h^3/12 + (b-b_1)h_1^2/12;$ $J_y = h_1b^3/12 + (h-h_1)b_1^2/12$	$W_x = [b_1h^3 + (b-b_1)h_1^3]/6h;$ $W_y = [h_1b^3 + (h-h_1)b_1^3]/6b$

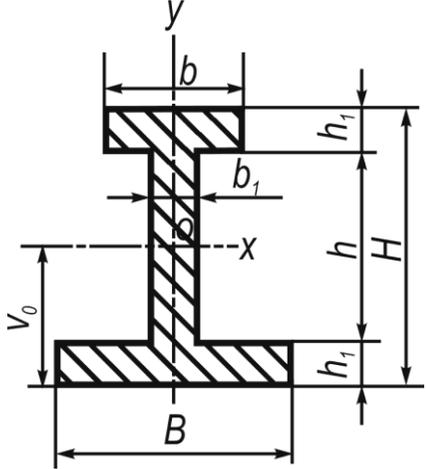
Продолжение таблицы 2.5

Форма поперечного сечения	Площадь сечения, мм ²	Осевой момент инерции, мм ⁴	Момент сопротивления, мм ³
<p>Прямоугольник</p> 	bh	$J_x = bh^3/12;$ $J_y = hb^3/12$	$W_x = bh^2/6;$ $W_y = hb^2/6$
<p>Полый прямоугольник</p> 	$bh - b_1h_1$	$J_x = (bh^3 - b_1h_1^3)/12;$ $J_y = (hb^3 - h_1b_1^3)/12$	$W_x = (bh^3 - b_1h_1^3)/6h$ $W_y = (hb^3 - h_1b_1^3)/6b$

Продолжение таблицы 2.5

Форма поперечного сечения	Площадь сечения, мм ²	Осевой момент инерции, мм ⁴	Момент сопротивления, мм ³
<p>Двутавр симметричный составленный из прямоугольников</p> 	$2h_1 + b_1h$	$J_x = \frac{BH^3 - 2bh^3}{12};$ $J_y = \frac{hb_1^3 + 2h_1B^3}{12}$	$W_x = \frac{BH^3 - 2bh^3}{6H};$ $W_y = \frac{hb_1^3 + 2h_1B^3}{6B}$
<p>Тавр</p>  $v_0 = \frac{bh_1^2 + b_1h(2h_1 + h)}{2(bh_1 + b_1h)}$	$bh_1 + b_1h$	$J_x = \frac{bh_1^3 + b_1h^3}{12} + bh_1\left(v_0 - \frac{h_1}{2}\right)^2 + b_1h\left(\frac{h}{2} + h_1 - v_0\right)^2;$ $J_y = \frac{hb_1^3 + h_1b^3}{12}$	<p>Для нижних волокон</p> $W_x = J_x / v_0$ <p>Для верхних волокон</p> $W_x = \frac{J_x}{h + h_1 - v_0};$ $W_y = \frac{hb_1^3 + y_1b^3}{6b}$

Продолжение таблицы 2.5

Форма поперечного сечения	Площадь сечения, мм ²	Осевой момент инерции, мм ⁴	Момент сопротивления, мм ³
<p>Двутавр не симметричный, составленный из прямоугольников</p>  $v_0 = Bh_1^2 + b_1h(h + 2h_1) + bh_1 \frac{(2H - h_1)}{2(bh_1 + b_1h + Bh_1)}$	$(B+b)h_1 + hb_1$	$J_x = \frac{b_1h^3}{12} + (B+b)h_1^3 + b_1h\left(\frac{h}{2} + h_1 - v_0\right)^2 + h_1\left(B\left(v_0 - \frac{h_1}{2}\right)^2 + b\left(H - v_0 - \frac{h_1}{2}\right)^2\right);$ $J_y = \frac{h_1(B^3 + b^3) + hb_1^3}{12}$	$W_x = \frac{J_x}{H - v_0};$ $W_y = \frac{h_1(B^3 + b^3) + hb_1^3}{6B}$

Продолжение таблицы 2.5

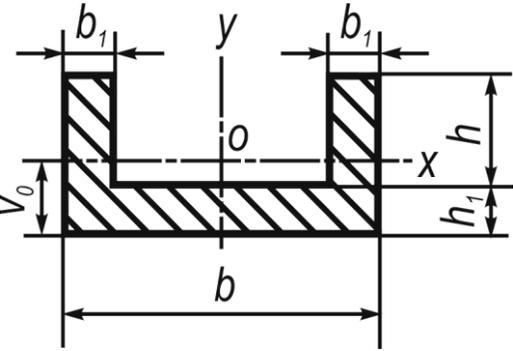
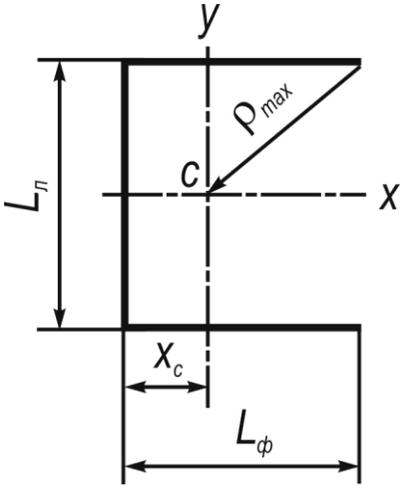
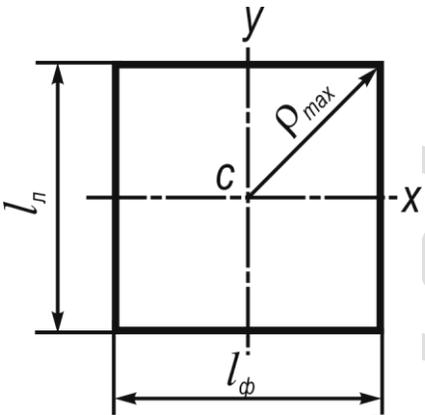
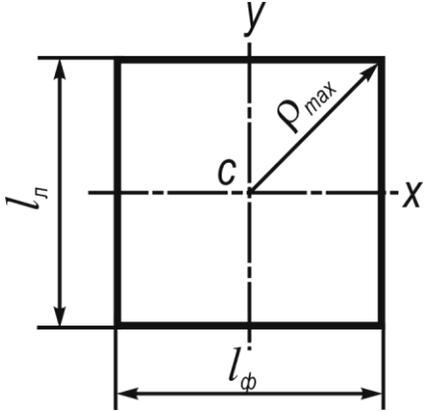
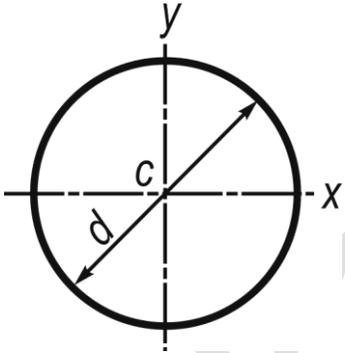
Форма поперечного сечения	Площадь сечения, мм ²	Осевой момент инерции, мм ⁴	Момент сопротивления, мм ³
<p style="text-align: center;">Корытное сечение</p>  $v_0 = \frac{bh_1^2 + 2b_1h(2h_1 + h)}{2(bh_1 + 2b_1h)}$		$J_x = \frac{bh_1^3 + 2b_1h^3}{12} + bh_1\left(v_0 - \frac{h_1}{2}\right)^2 + 2b_1h\left(\frac{h}{2} + h_1 - v_0\right)^2;$ $J_y = \frac{b^3(h + h_1)}{12} - \frac{h(b - 2b_1)^3}{12}$	$W_x = \frac{J_x}{h + h_1 - v_0}$ $W_y = \frac{(h + h_1)b^3}{6b} - \frac{h(b - 2b_1)^3}{6b}$

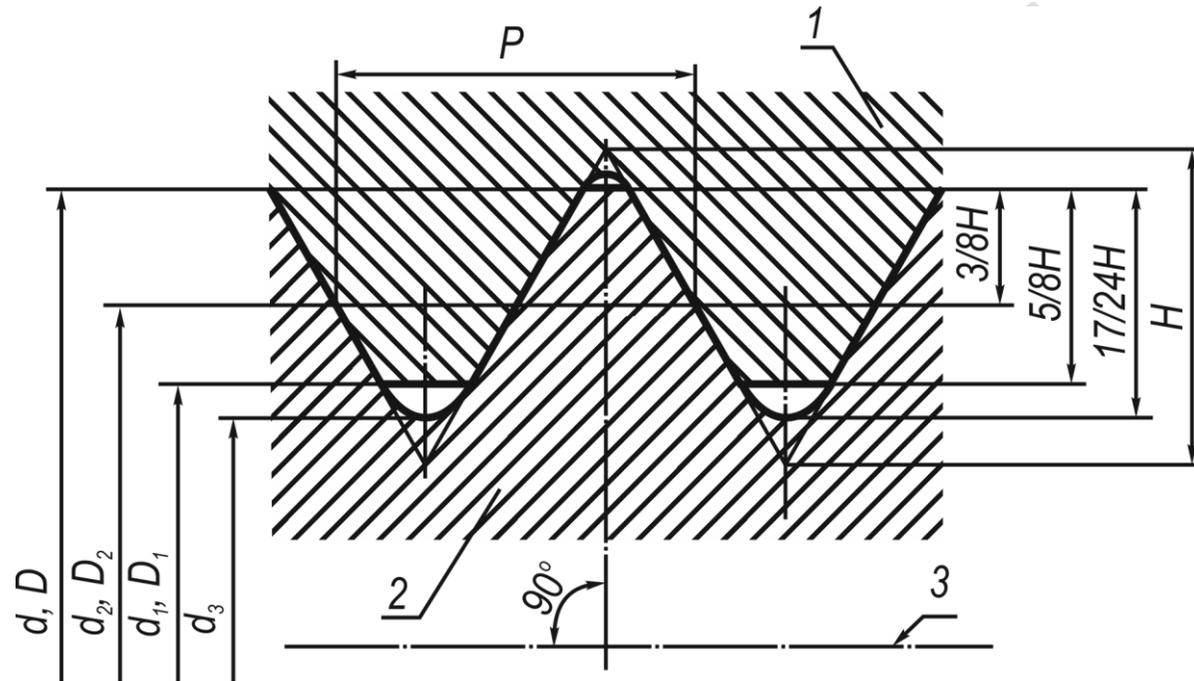
Таблица 2.6 – Некоторые геометрические характеристики расчетных сечений в нахлестном соединении

Схема расчетного сечения угловых швов	Осевые моменты инерции расчетного сечения швов	Координата центра тяжести сечения
	$J_x = 0,7k \left(\frac{l_n^3}{12} + \frac{l_\phi l_n^2}{2} \right)$ $J_y = 0,7k \left(l_n x_c^2 + \frac{l_\phi^3}{6} \right) + 2l_\phi (l_\phi - x_c)^2$	$x_c \approx \frac{l_\phi^2}{l_n + 2l_\phi}$
	$J_x = 0,7k \frac{l_\phi l_n^2}{2}$ $J_y = 0,7k \frac{l_\phi^3}{6}$	$x_c = l_\phi / 2$

Продолжение таблицы 2.6

Схема расчетного сечения угловых швов	Осевые моменты инерции расчетного сечения швов	Координата центра тяжести сечения
	$J_x = 0,7k \left(\frac{l_n^3}{6} + \frac{l_\phi l_n^2}{2} \right)$ $J_y = 0,7k \left(\frac{l_\phi^3}{6} + \frac{l_n l_\phi^2}{2} \right)$	$x_c = l_\phi / 2$
	$J_x = J_y = 0,7k \frac{\pi d^3}{8}$	$x_c = 0$

3 РЕЗЬБОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ



1 – внутренняя резьба; 2 – наружная резьба; 3 – ось резьбы;

D – номинальный наружный диаметр внутренней резьбы (номинальный диаметр резьбы); d – номинальный наружный диаметр наружной резьбы; D_2 – номинальный средний диаметр внутренней резьбы; d_2 – номинальный средний диаметр наружной резьбы; D_1 – номинальный внутренний диаметр внутренней резьбы; d_1 – номинальный внутренний диаметр наружной резьбы; d_3 – номинальный внутренний диаметр наружной резьбы по днй впадины; H – высота исходного треугольника резьбы; P – шаг резьбы

Рисунок 3.1 – Метрическая резьба

Таблица 3.1 – Значения параметров метрической резьбы (по ГОСТ 24705–04)

Номинальный диаметр резьбы D , наружный диаметр резьбы d	Шаг P	Средний диаметр D_2, d_2	Внутренний диаметр D_1, d_1	Внутренний диаметр по дну впадины d_3
5	0,8	4,480	4,134	4,019
	0,5	4,675	4,459	4,387
6	1	5,350	4,917	4,773
	0,75	5,513	5,188	5,080
	0,5	5,675	5,459	5,387
8	1,25	7,188	6,647	6,466
	1	7,350	6,917	6,773
	0,75	7,513	7,188	7,080
	0,5	7,675	7,459	7,387
10	1,5	9,026	8,376	8,160
	1,25	9,188	8,647	8,466
	1	9,350	8,917	8,773
	0,75	9,513	9,188	9,080
	0,5	9,675	9,459	9,387
12	1,75	10,863	10,106	9,853
	1,5	11,026	10,376	10,160
	1,25	11,188	10,647	10,466
	1	11,350	10,917	10,773
	0,75	11,513	11,188	11,080
	0,5	11,675	11,459	11,387

Продолжение таблицы 3.1

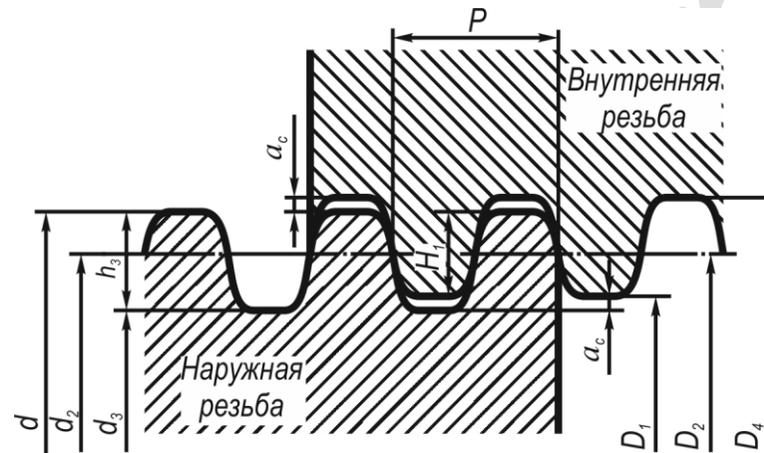
Номинальный диаметр резьбы D , наружный диаметр резьбы d	Шаг P	Средний диаметр D_2, d_2	Внутренний диаметр D_1, d_1	Внутренний диаметр по дну впадины d_3
14	2	12,701	11,835	11,546
	1,5	13,026	12,376	12,160
	1,25	13,188	12,647	12,466
	1	13,350	12,917	12,773
	0,75	13,513	13,188	13,080
	0,5	13,675	13,459	13,387
16	2	14,701	13,835	13,546
	1,5	15,026	14,376	14,160
	1	15,350	14,917	14,773
	0,75	15,513	15,188	15,080
	0,5	15,675	15,459	15,387
18	2,5	16,376	15,294	14,933
	2	16,701	15,835	15,546
	1,5	17,026	16,376	16,160
	1	17,350	16,917	16,773
	0,75	17,513	17,188	17,080
	0,5	17,675	17,459	17,387
20	2,5	18,376	17,294	16,933
	2	18,701	17,835	17,546
	1,5	19,026	18,376	18,160
	1	19,350	18,917	18,773
	0,75	19,513	19,188	19,080
	0,5	19,675	19,459	19,387

Продолжение таблицы 3.1

Номинальный диаметр резьбы D , наружный диаметр резьбы d	Шаг P	Средний диаметр D_2, d_2	Внутренний диаметр D_1, d_1	Внутренний диаметр по дну впадины d_3
22	2,5	20,376	19,294	18,933
	2	20,701	19,835	19,546
	1,5	21,026	20,376	20,160
	1	21,350	20,917	20,773
	0,75	21,513	21,188	21,080
	0,5	21,675	21,459	21,387
24	3*	22,051	20,752	20,319
	2	22,701	21,835	21,546
	1,5	23,026	22,376	22,160
	1	23,350	22,917	22,773
	0,75	23,513	23,188	23,080
27	3	25,051	23,752	23,319
	2	25,701	24,835	24,546
	1,5	26,026	25,376	25,160
	1	26,350	25,917	25,733
	0,75	26,513	26,188	26,080
30	3,5	27,727	26,211	25,706
	3	28,051	26,752	26,319
	2	28,701	26,835	27,546
	1,5	29,026	28,376	28,160
	1	29,350	28,376	28,773
	0,75	29,513	29,188	29,080

Продолжение таблицы 3.1

Номинальный диаметр резьбы D , наружный диаметр резьбы d	Шаг P	Средний диаметр D_2, d_2	Внутренний диаметр D_1, d_1	Внутренний диаметр по дну впадины d_3
32	2	30,701	29,835	29,546
	1,5	31,026	30,376	30,160
33	3,5	30,727	29,211	28,706
	3	31,051	29,752	29,319
	2	31,701	30,835	30,546
	1,5	32,026	31,376	31,160
	1	32,350	31,917	31,773
	0,75	32,513	32,188	32,080



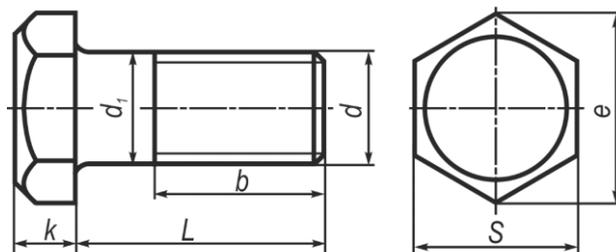
d – наружный диаметр наружной резьбы (винта); d_2 – средний диаметр наружной резьбы; d_3 – внутренний диаметр наружной резьбы; D_1 – внутренний диаметр внутренней резьбы (гайки); D_2 – средний диаметр внутренней резьбы; D_4 – наружный диаметр внутренней резьбы; P – шаг резьбы; a_c – зазор по вершине резьбы; h_3 – высота профиля наружной резьбы; H_1 – рабочая высота профиля резьбы

Рисунок 3.2 – Трапецеидальная резьба

Таблица 3.2 – Значения параметров трапецеидальной резьбы (по ГОСТ 24737–81)

Наружный диаметр d , мм	Шаг резьбы P , мм	Средний диаметр d_2 , мм	Внутренний диаметр d_1 , мм	Площадь сечения A_1 , мм ²
16	2	15	13,5	143
	4	14	11,5	104
20	2	19	17,5	241
	4	18	15,5	189
26	2	25	23,5	434
	5	23,5	20	314
	8	22	17	227
50	3	48,5	46,5	1698
	8	46	41	1320
	12	44	37	1075
55	3	53,5	51,5	2083
	8	51	46	1662
	12	49	42	1385
60	3	58,3	56,5	2507
	8	56	51	2043
	12	54	47	1735

Таблица 3.3 – Болты с шестигранной головкой. Конструкция и размеры, мм (по ГОСТ 7798–70)



Исполнение 1

Номинальный диаметр резьбы d	Шаг резьбы крупный	Расчетная площадь сечения по внутреннему диаметру A_1 , см ²	Шаг резьбы мелкий	Расчетная площадь сечения по внутреннему диаметру A_2 , см ²	Размер «под ключ» S	Высота головки k	Диаметр описанной окружности e	Длина болта L	Длина резьбы b
6	1	0,16	—	—	10	4	11,5	14–75	14–18
8	1,25	0,33	1	0,36	13	5,5	16,2	14–85	14–22
10	1,5	0,52	1,25	0,58	17	7	19,8	18–200	18–32
12	1,75	0,76	1,25	0,86	19	8	21,9	25–260	25–36
(14)	2	1,05	1,5	1,10	22	9	25,4	25–260	25–40
16	2	1,44	1,5	1,57	24	10	27,7	30–300	30–44
(18)	2,5	1,75	1,5	2,05	27	12	31,2	35–300	35–48
20	2,5	2,25	1,5	2,59	30	13	34,6	38–300	38–52
(22)	2,5	2,81	1,5	3,19	32	14	36,9	40–300	40–56
24	3	3,24	2	3,65	36	15	41,6	48–300	48–60
(27)	3	4,27	2	4,73	41	17	47,3	60–300	60–66
30	3,5	5,19	2	5,98	46	19	53,1	60–300	60–72
36	4	7,59	3	8,20	55	23	63,5	75–300	75–84
42	4,5	10,45	3	11,53	65	26	75,0	80–300	80–96
48	5	13,77	3	15,43	75	30	85,5	90–300	90–108

Таблица 3.4 – Классы прочности и механические характеристики материалов резьбовых деталей

Класс прочности	Предел прочности σ_b , МПа	Предел текучести σ_T , МПа	Предел выносливости σ_{-1p} , МПа	Коэффициент асимметрии цикла ψ_σ	Марки стали	
					для болта	для гайки
3.6	340–490	200	160	0,06–0,08	Ст 3, 10	Ст 3
4.6	400–550	240	170	0,07–0,09	20	Ст 3
5.6	500–700	300	180	0,08–0,1	30, 35	10
6.6	600–800	360	240	0,09–1,4	45, 40Г	15
8.8	800–1000	640	280	0,14–0,17	35Х, 38ХА, 45Г	20, 35, 45
10.9	1000–1200	900	300	0,16–0,2	40Г2, 40Х, 30ХГСА	35Х, 38ХА

Примечание – Класс прочности обозначается двумя числами. Первое число, умноженное на 100, определяет минимальный предел прочности σ_b в МПа; произведение чисел, умноженное на 10, определяет предел текучести σ_T в МПа (для класса прочности 3.6 значения приблизительные).

Таблица 3.5 – Значения требуемого коэффициента запаса прочности $[S_T]$ при расчете болтов с неконтролируемой затяжкой

Сталь	Постоянная нагрузка			Переменная нагрузка		
	Диаметр резьбы, мм					
	6–16	16–30	30–60	6–16	16–30	30–60
Углеродистая	5–4	4–2,5	2,5–1,6	10–6,5	6,5	6,5–5
Легированная	6,6–5	5–3,3	3,3	7,5–5	5	5–4

Таблица 3.6 – Значения коэффициента затяжки

- по условию нераскрытия стыка:

Нагрузка	$k_{зат}$
Статическая	1,25–2,0
Переменная	2,5–4,0

- по условию герметичности:

Прокладка	$k_{зат}$
Мягкая	1,3–2,5
Металлическая фасонная	2,0–3,5
Металлическая плоская	3,0–5,0

Таблица 3.7 – Значения допускаемых напряжений и требуемого коэффициента запаса прочности

Вид нагрузки	Рекомендуемые значения
Растягивающая внешняя нагрузка:	
без затяжки болтов	$[\sigma]=0,6\sigma_T$
с затяжкой болтов	Статическая нагрузка: $[S]$ по таблице 3.5 – неконтролируемая затяжка $[S]=1,5-2,5$ – контролируемая затяжка Переменная нагрузка: $[S]=2,5-4$ – неконтролируемая затяжка $[S_r]$ по таблице 3.5 – неконтролируемая затяжка $[S]=1,5-2,5$ – контролируемая затяжка $[S_T]=1,5-2,5$ – контролируемая затяжка
Поперечная внешняя нагрузка:	
болты поставлены с зазором	$[S]$ по таблице 3.5 – неконтролируемая затяжка $[S]=1,5...2,5$ – контролируемая затяжка
болты поставлены без зазора	$[\tau]=0,4\sigma_T$ (статическая) $[\tau]=(0,2...0,3)\sigma_T$ (переменная) $[\sigma]_{см}=0,8\sigma_T$ – сталь $[\sigma]_{см}=(0,4...0,5)\sigma_{\sigma}$ – чугун
Прочность деталей в стыке	$[\sigma]_{см}=0,8\sigma_T$ – сталь $[\sigma]_{см}=0,4\sigma_{\sigma}$ – чугун

Таблица 3.8 – Значения эффективного коэффициента концентрации напряжений в резьбе $k_{\sigma D}$

Материал резьбового соединения	$k_{\sigma D}$
Углеродистая сталь	3,5–4,5
Легированная сталь	4,0–5,5

Примечания:
 1 В таблице приведены значения $k_{\sigma D}$ для метрических нарезанных резьб;
 2 Для метрических накатанных резьб $k_{\sigma D}$ уменьшают на 20–30 %;
 3 Большие значения $k_{\sigma D}$ относятся к резьбам с $d > 20$ мм.

Таблица 3.9 – Значения коэффициента внешней нагрузки

Соединение	χ
Соединение без упругих прокладок	0,2–0,3
Соединение с упругими прокладками (асбест, паронит, резина и др.)	0,4–0,5
Соединение крышек шатуна и головок блока цилиндров	0,15–0,25

Таблица 3.10 – Значения коэффициента трения в стыке f

Материал деталей стыка	f
Сталь по чугуну (по стали)	0,15–0,2
Сталь (чугун) по бетону	0,3–0,35
Сталь (чугун) по дереву	0,25

Таблица 3.11 – Значения коэффициента запаса в стыке k

Характер нагрузки	k
Статическая нагрузка	1,3–1,5
Переменная нагрузка	1,8–2,0

Таблица 3.12 – Значения коэффициента μ приведения длины сжатого стержня

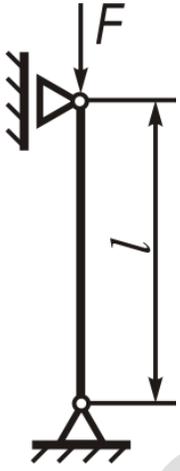
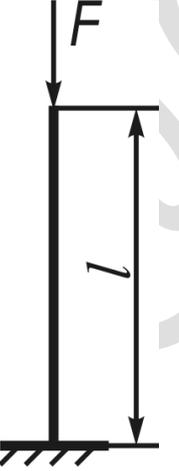
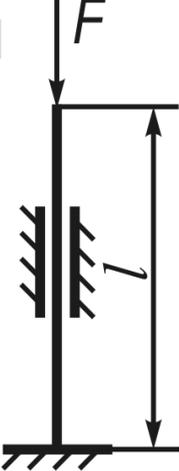
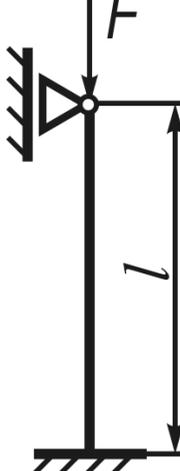
Схема нагружения				
μ	1	2	0,5	0,7

Таблица 3.13 – Угол наклона рабочей стороны профиля резьбы α'

Профиль резьбы	$\alpha' = \alpha/2$
Метрическая	30°
Трапецеидальная	15°
Упорная	3°
Прямоугольная	0°

Таблица 3.14 – Значение коэффициента трения скольжения при смазке

Материал трущейся пары винт – гайка	f
Сталь – бронза оловянисто-фосфористая	0,10
Сталь – бронза безоловянистая	0,12
Сталь – антифрикционный чугун	0,13

Таблица 3.15 – Значения коэффициента высоты гайки ψ_h

	ψ_h
Для цельных гаек	1,2–2,5
Для разъемных и сдвоенных гаек	2,5–3,5

Таблица 3.16 – Значения коэффициента рабочей высоты профиля $\psi_h = H_1/p$

Профиль резьбы	ψ_h
Трапецеидальная	0,5
Упорная	0,75
Треугольная (метрическая)	0,541
Прямоугольная	0,5

Таблица 3.17 – Значения среднего допускаемого давления в резьбе $[p]_{изн}$

Материал винтовой пары	$[p]_{изн}$, МПа
Закаленная сталь – бронза	12
Незакаленная сталь – бронза	9
Закаленная сталь – антифрикционный чугун АВЧ-1, АЧК-2	8
Незакаленная сталь – антифрикционный чугун АЧВ-2, АЧК-2	6
Незакаленная сталь – чугун СЧ20	5

Таблица 3.18 – Значения $\lambda_{пред}$, λ_o , a , b

Материал	$\lambda_{пред}$	λ_o	a	b
Сталь Ст3 и сталь 20	100	60	310	1,14
Сталь Ст5 и сталь 30	92	57	345	1,39
Сталь 45	85	60	578	3,75
Сталь 50	82	50	404	1,23

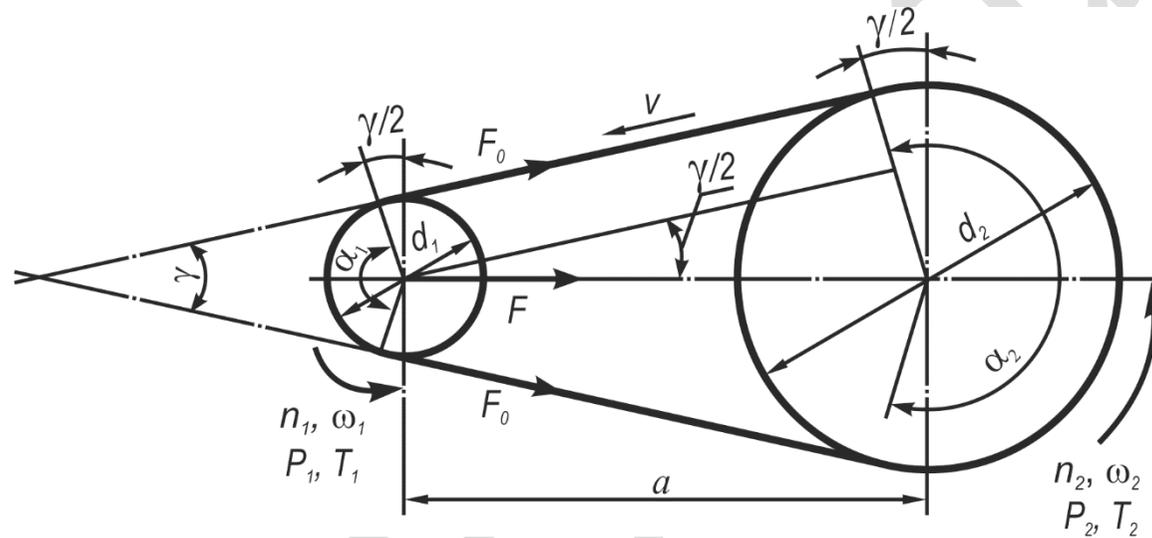
Таблица 3.19 – Значения допускаемых напряжений на смятие материала в стыке

Материал детали	$\sigma_{см}$, МПа
Сталь	0,8
Чугун	0,4
Бетон	1–2
Дерево	2–4

Таблица 3.20 – Геометрические параметры гайки

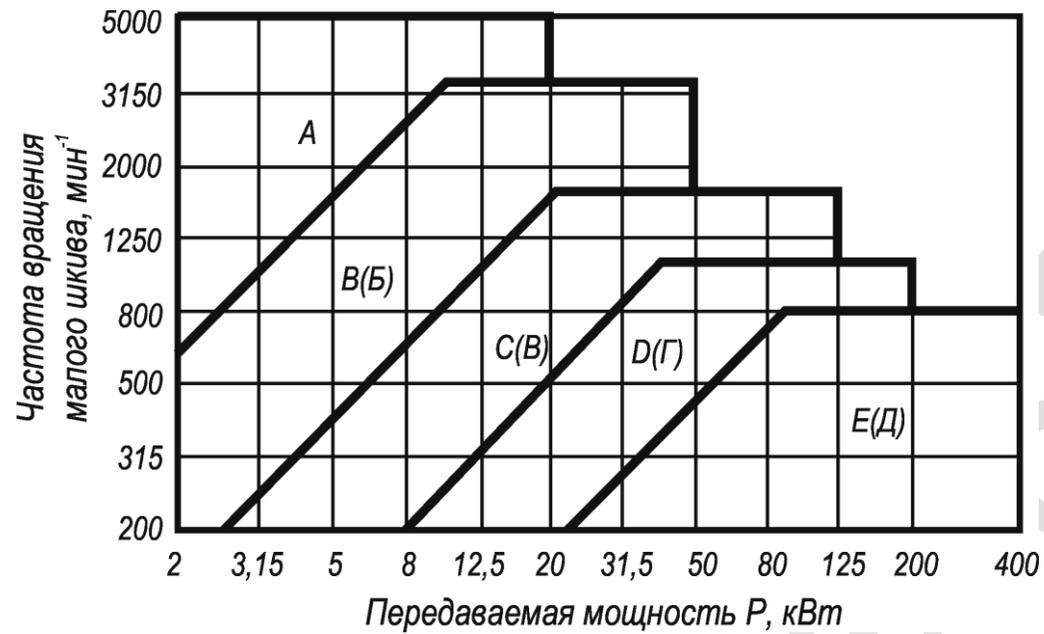
Параметр	Обозначение и расчетные формулы
1 Высота гайки, мм	$H_z = \psi_H d_2$
2 Число витков в гайке	$z = H_z / p \quad (z \leq 10-12)$
3 Наружный диаметр гайки, мм	$D = \sqrt{\frac{5F}{\pi[\sigma]_p} + d^2}$
4 Диаметр буртика гайки, мм	$D_l = \sqrt{\frac{4F}{\pi[\sigma]_{cm}} + D^2}$
5 Высота буртика гайки, мм	$a = (0,25 \dots 0,3) H_z$
Примечание – После расчета округляется до ближайшего значения по таблице 6.7.	

4 РЕМЕННЫЕ ПЕРЕДАЧИ

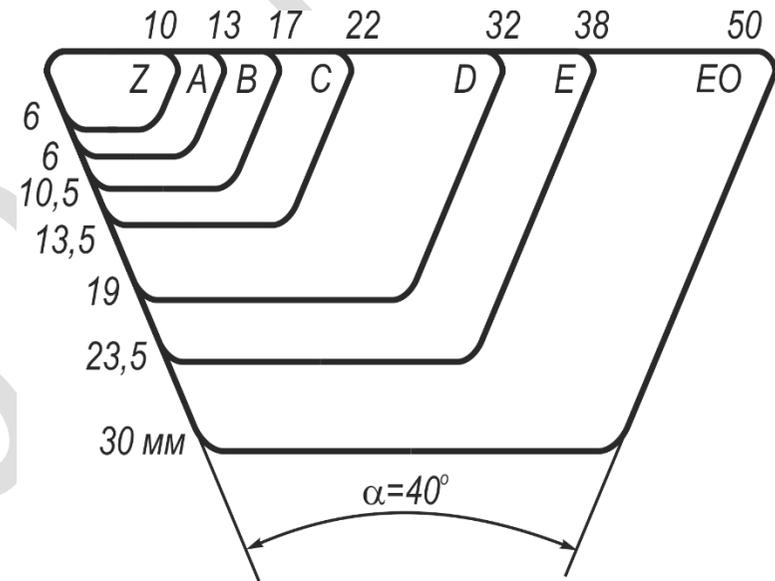


a – межосевое расстояние; d_1, d_2 – делительные диаметры ведущего и ведомого шкивов; α_1, α_2 – углы охвата ремнем ведущего и ведомого шкивов; γ – угол между ведущей и ведомой ветвями ремня; n_1, n_2 – частота вращения ведущего и ведомого шкивов; ω_1, ω_2 – угловые скорости ведущего и ведомого шкивов; T_1, T_2 – вращающие моменты на ведущем и ведомом шкивах; P_1, P_2 – мощности на ведущем и ведомом шкивах; F_0 – сила предварительного натяжения на ветвях ремня; F – радиальная сила на валах

Рисунок 4.1 – Схема ременной передачи



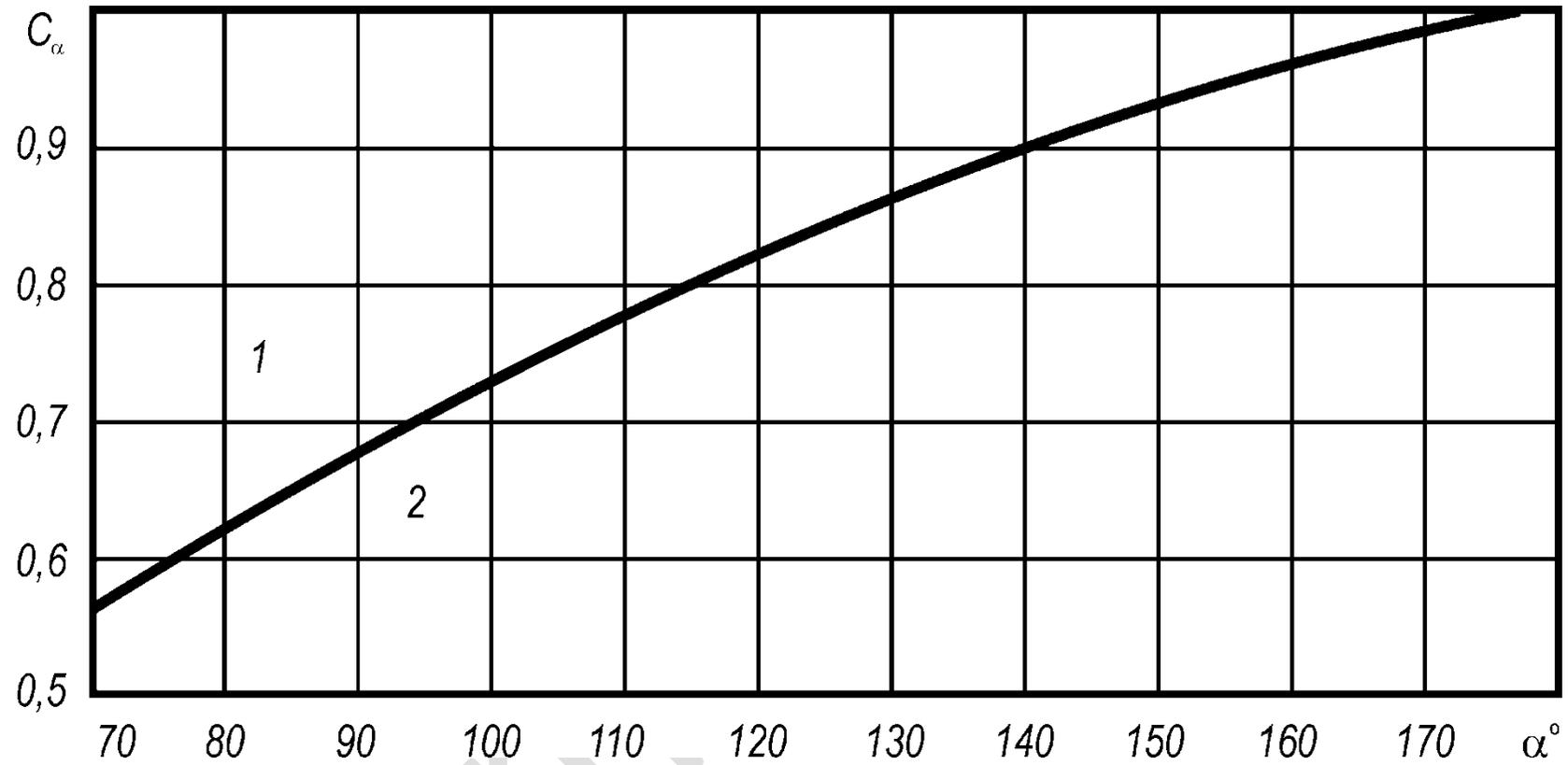
а



б

а – номограмма для определения сечения ремня в зависимости от частоты вращения малого шкива n_1 и передаваемой мощности P_1 ;
 б – обозначения ремней

Рисунок 4.2 – Сечения ремней (по ГОСТ 1284.3–96)



1 – плоские ремни; 2 – клиновые ремни

Рисунок 4.3 – Зависимость коэффициента C_α , учитывающего влияние на тяговую способность передачи угла охвата (конструктивное ограничение)

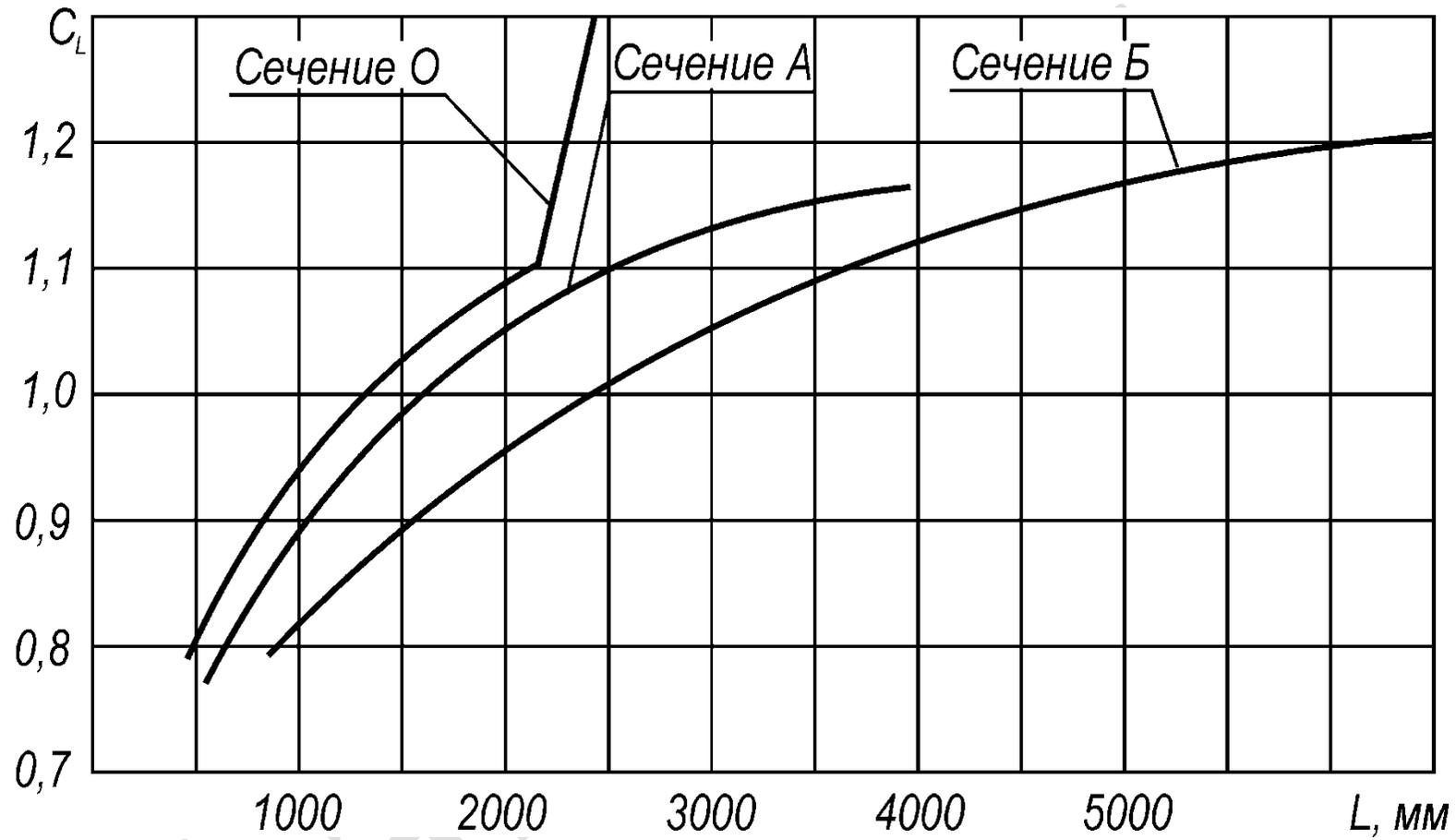


Рисунок 4.4 – Зависимость коэффициента длины ремня C_L от расчетной длины ремня L для клиновых ремней сечений О, А, Б

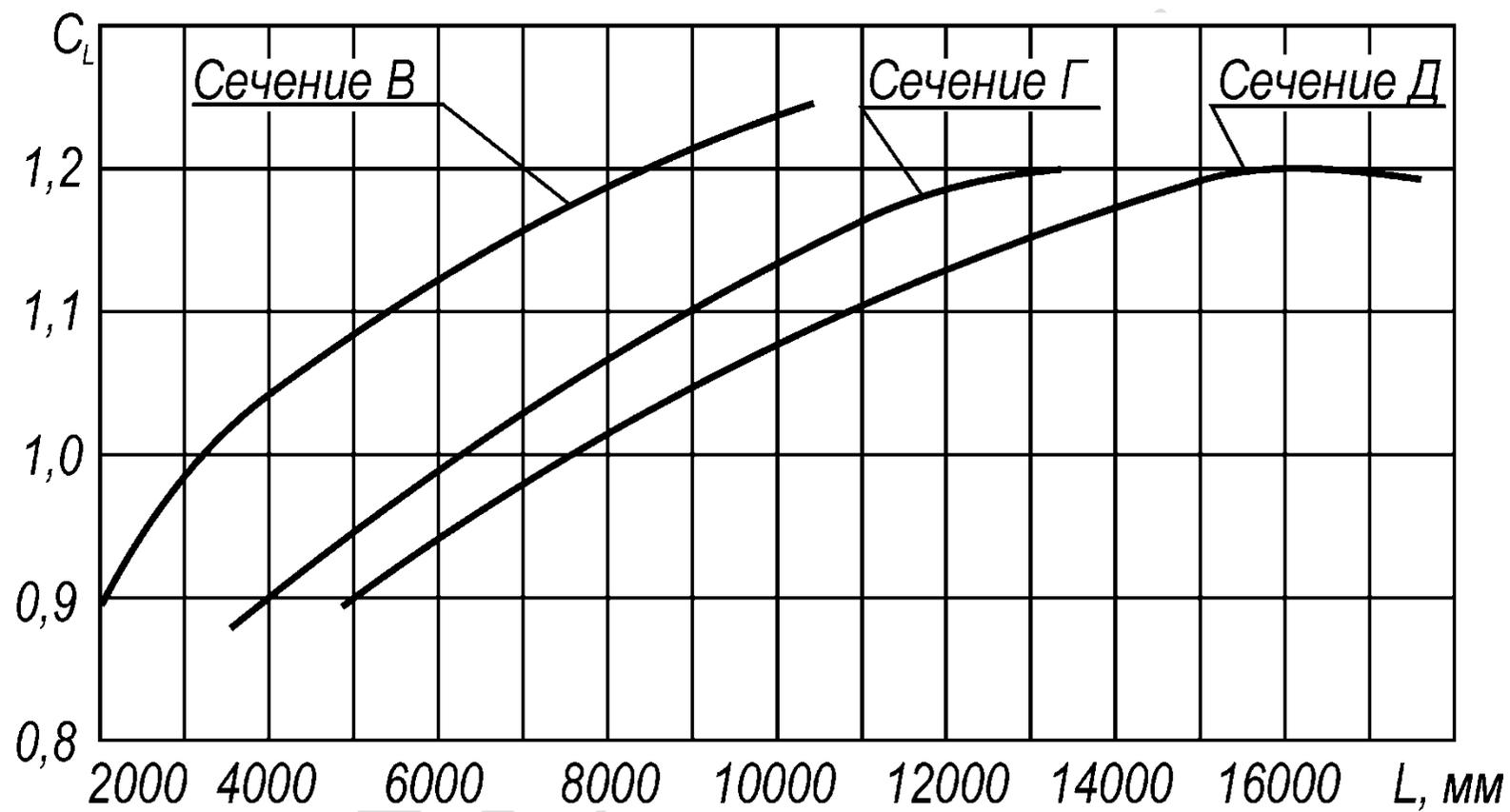


Рисунок 4.5 – Зависимость коэффициента длины ремня C_L от расчетной длины ремня L для клиновых ремней сечений В, Г, Д

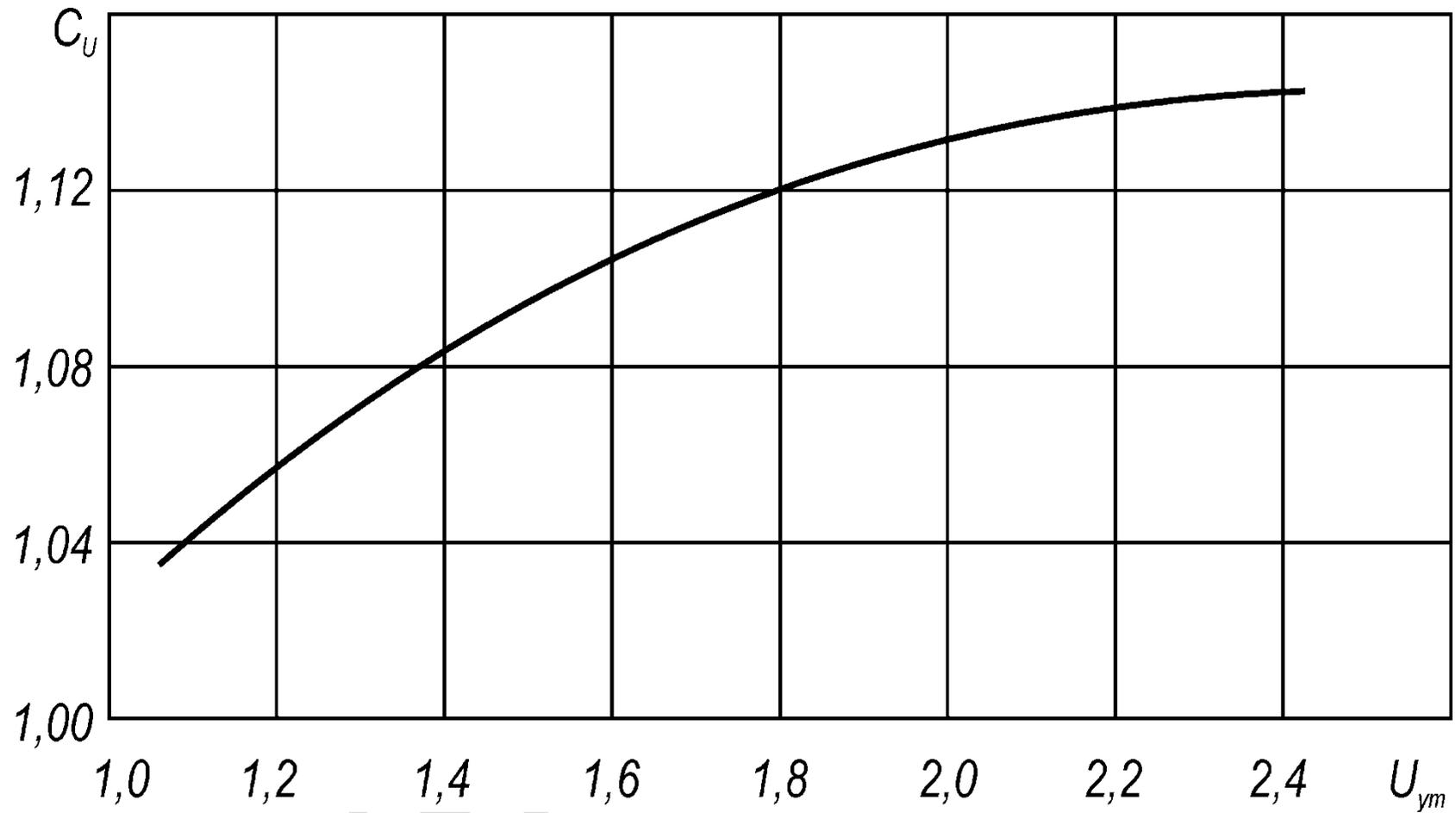


Рисунок 4.6 – Зависимость коэффициента передаточного отношения C_u от величины передаточного отношения u_{ym} (при $u_{ym} \geq 3$ $C_u = 1,14$)

Таблица 4.1 – Рекомендуемые значения расчетных диаметров шкивов для клиновых ремней

Обозначение сечения ремня	Расчетные диаметры шкивов d_p , мм
Z (O)	63; 71; 80; 90; 100; 112; 125; 140; 160; 180; 200; 224; 250; 280; 315
A	90; 100; 112; 125; 140; 160; 180; 200; 224; 250; 280; 315; 355; 400; 450; 500
B (Б)	125; 140; 160; 180; 200; 224; 250; 280; 315; 355; 400; 450; 500; 560
C (В)	200; 224; 250; 280; 315; 355; 400; 450; 500; 560; 630; 710; 800; 900; 1000
D (Г)	315; 355; 400
Примечание – Расчетные диаметры шкивов более 1000 мм следует брать по ряду нормальных линейных размеров (таблица 6.7).	

Таблица 4.2 – Наибольшая допускаемая скорость ремня v_{max}

Тип ремня	Способ соединения	v_{max} , м/с
Плоские ремни	Сшитые внахлестку	10
	Сшитые встык	20
	Шарнирно проволочные	25
Клиновые ремни	Бесконечные	30

Таблица 4.3 – Значения коэффициента скольжения ε

Тип клинового ремня	ε
Кордтканевый	0,02
Кордшнуровой	0,01

Таблица 4.4 – Значения коэффициента C

u_{ym}	1	2	3	4	5
C	1,5	1,2	1,0	0,95	0,9

Таблица 4.5 – Рекомендуемые межосевые расстояния a

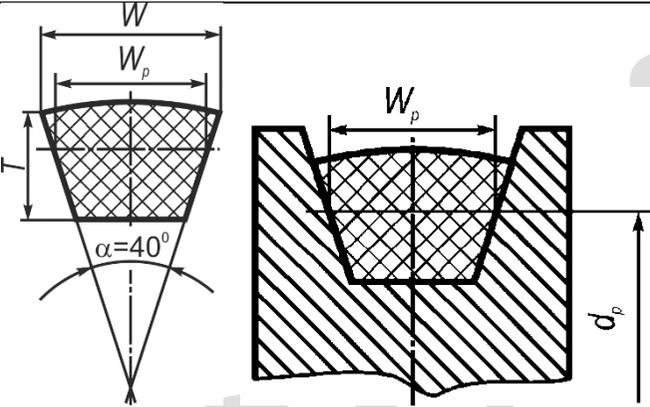
u	1	2	3	4	5	6
a	$1,5d_{r2}$	$1,2d_{r2}$	d_{r2}	$0,95d_{r2}$	$0,9d_{r2}$	$0,85d_{r2}$

Таблица 4.6 – Ряд расчетных длин ремней L_p для сечений О, А, Б, В, Г, Д, Е, мм (по ГОСТ 1284.1–89)

400	(425)	450	(475)	500	(530)	560
(600)	630	(670)	710	(750)	800	(850)
900	(950)	1000	(1060)	1120	(1180)	1250
(1320)	1400	(1500)	1600	(1700)	1800	(1900)
2000	(2120)	2240	(2360)	2500	(2650)	2800
(3000)	3150	(3350)	3550	(3750)	4000	(4250)
4500	(4750)	5000	(5300)	5600	(6000)	6300
(6700)	7100	(7500)	8000	(8500)	9000	(9500)
10000	(10600)	11200	(11800)	12500	(13200)	14000
(15000)	16000	(17000)	18000			

Примечание – Значения расчетных длин ремней, указанных в скобках, применять не рекомендуется.

Таблица 4.7 – Основные размеры и справочные данные приводных клиновых ремней (по ГОСТ 1284.1–89)



Сечение ремня	Расчетная ширина ремня W_p , мм	Ширина большего основания ремня W , мм	Высота ремня T , мм	Расчетная длина ремня L_p , мм		Расчетный минимальный диаметр шкива d_p , мм	Площадь поперечного сечения ремня A , мм^2
				min	max		
Z(O)	8,5	10	6	400	2500	63	$47 \cdot 10^{-6}$
A	11	13	8	560	4000	90	$81 \cdot 10^{-6}$
B(Б)	14	17	10,5	800	6300	125	$138 \cdot 10^{-6}$
C(В)	19	22	13,5	1800	10600	200	$230 \cdot 10^{-6}$
D(Г)	27	32	19	3150	15000	315	$476 \cdot 10^{-6}$
E(Д)	32	38	23,5	4500	18000	500	$692 \cdot 10^{-6}$
EO(E)	42	50	30	4500	18000	500	$1172 \cdot 10^{-6}$

Таблица 4.8 – Мощность P_o , передаваемая одним клиновым ремнем, при $u=1$, $\alpha=180^\circ$, длине L и спокойной работе

Сечение ремня	Расчетный диаметр меньшего шкива, мм	Мощность P_o , кВт, при скорости ремня v , м/с						
		3	5	10	15	20	25	30
0	63	0,31	0,49	0,82	1,03	1,11	–	–
	71	0,37	0,56	0,95	1,22	1,37	1,40	–
	80	0,40	0,62	1,07	1,41	1,60	1,65	–
	90	0,44	0,67	1,16	1,56	1,73	1,90	1,85
	100	0,46	0,70	1,24	1,67	1,97	2,10	2,04
	112	0,48	0,78	1,32	1,80	2,12	2,30	2,28
А	90	0,56	0,84	1,39	1,75	1,88	–	–
	100	0,62	0,95	1,60	2,07	2,31	2,29	–
	112	0,70	1,05	1,82	2,39	2,74	2,82	2,50
	125	0,74	2,15	2,00	2,66	3,10	3,27	3,14
	140	0,80	1,23	2,18	2,91	3,44	3,70	3,64
	160	0,85	1,32	2,35	3,20	3,80	4,12	4,16
Б	180	0,88	1,38	2,47	3,39	4,05	4,47	4,56
	125	0,92	1,39	2,26	2,80	–	–	–
	140	1,07	1,61	2,70	3,45	3,83	–	–
	160	1,20	1,83	3,15	4,13	4,73	4,88	4,47
	180	1,30	2,01	3,51	4,66	5,44	5,76	5,53
	200	1,40	2,15	3,79	5,08	6,00	6,43	6,38
	224	1,47	2,26	4,05	5,45	6,50	7,05	7,15
	250	1,54	2,39	4,29	5,85	7,00	7,00	7,90
280	1,57	2,50	4,50	6,15	7,40	8,20	8,50	

Продолжение таблицы 4.8

Сечение ремня	Расчетный диаметр меньшего шкива, мм	Мощность P_0 , кВт, при скорости ремня v , м/с						
		3	5	10	15	20	25	30
В	200	1,85	2,77	4,59	5,80	6,33	–	–
	224	2,08	3,15	5,35	6,95	7,86	7,95	7,06
	250	2,28	3,48	6,02	7,94	9,18	9,60	9,05
	280	2,46	3,78	6,63	8,86	10,4	11,1	10,9
	315	2,63	4,07	7,19	9,71	11,5	12,5	12,5
	355	2,76	4,32	7,70	10,5	12,6	13,8	14,1
	400	2,89	4,54	8,10	11,1	13,3	15,0	15,4
Г	450	3,00	4,70	8,50	11,7	14,2	15,9	16,6
	355	4,46	6,74	11,4	14,8	16,8	17,1	15,4
	400	4,94	7,54	13,0	17,2	20,0	21,1	20,2
	450	5,36	8,24	14,4	19,3	22,8	24,6	24,5
	500	5,70	8,80	15,5	21,0	25,0	27,5	27,8
	560	5,90	9,24	16,6	22,5	27,0	29,8	31,0
	630	6,30	9,75	17,9	24,1	29,2	32,5	33,9
	710	6,56	10,3	18,6	25,5	31,0	34,9	36,6
Д	800	6,82	10,7	19,4	26,8	32,6	37,0	39,0
	500	6,84	10,4	17,2	23,5	27,1	28,2	–
	560	7,45	11,4	19,9	26,5	31,1	33,3	32,6
	630	8,02	12,4	21,8	29,4	34,9	38,0	38,3
	710	8,53	13,2	23,5	31,9	38,3	42,3	43,4
	800	9,0	14,0	25,0	34,2	41,3	46,1	47,9
	900	9,3	14,6	26,0	36,2	43,8	48,4	51,8
1000	9,5	15,0	27,2	37,7	46,0	51,6	54,8	

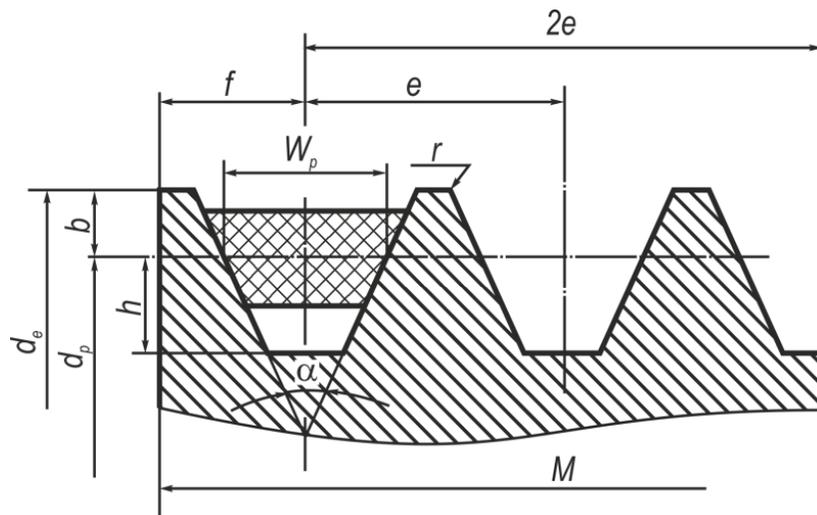
Таблица 4.9 – Значения коэффициента динамичности C_p в зависимости от режима работы

Характер нагрузки	Тип машины	C_p
Спокойная. Пусковая нагрузка до 120 % от номинальной	Электрические генераторы, центробежные насосы и компрессоры; станки с непрерывным процессом резания; вентиляторы; ленточные конвейеры.	1,0
Умеренные колебания и нагрузки. Пусковая нагрузка до 150 % от номинальной	Поршневые насосы и компрессоры с тремя и более цилиндрами; станки и автоматы; пластинчатые конвейеры.	1,1
Значительные колебания нагрузки. Пусковая нагрузка до 200 % от номинальной	Реверсивные приводы; поршневые насосы и компрессоры с одним и двумя цилиндрами; строгальные и долбежные станки; винтовые и скребковые конвейеры; элеватор; эксцентриковые и винтовые прессы с тяжелыми маховиками.	1,25
Ударная и резконерованная нагрузка. Пусковая нагрузка до 300 %	Ножницы, молоты, мельницы; подъемники, экскаваторы, драги; эксцентриковые и винтовые прессы с легким маховиком.	1,5–1,6
Примечания		
1 При частых и резких пусках двигателя с большими пусковыми моментами значения C_p следует повышать на 0,15.		
2 При двухсменной работе значения C_p необходимо повышать на 0,15, а при трехсменной работе на 0,35.		

Таблица 4.10 – Значения коэффициента числа ремней C_z

Число ремней	1	2–3	4–6	> 6
C_z	1	0,95	0,9	0,85

Таблица 4.11 – Размеры профиля канавок и шкивов клиноременных передач, мм (по ГОСТ 20889–88)



Сечение ремня	Расчетная ширина канавки шкива W_p	Глубина канавки над расчетной шириной b_{min}	Глубина канавки ниже расчетной ширины h_{min}	Расстояние между осями канавок e	Расстояние между осью крайней канавки и ближайшим торцом шкива f	Радиус закругления верхней кромки канавки шкива r	Расчетный диаметр шкива d_p для угла канавки α			
							34°	36°	38°	40°
Z(O)	8,5	2,5	7,0	12,0	8,0	0,5	50–71	80–100	112–160	≥ 180
A	11,0	3,3	8,7	15,0	10,0	1,0	75–112	125–160	180–400	≥ 450
B(B)	14,0	4,2	10,8	19,0	12,5	1,0	125–160	180–224	250–500	≥ 560
C(B)	19,0	5,7	14,3	25,5	17,0	1,5	–	200–315	355–630	≥ 710
D(Г)	27,0	8,1	19,9	37,0	24,0	2,0	–	315–450	500–900	≥ 1000
E(Д)	32,0	9,6	23,4	44,5	29,0	2,0	–	500–560	630–1120	≥ 1250
EO(E)	42,0	12,5	30,5	58,0	38,0	2,5	–	–	800–1400	≥ 1600

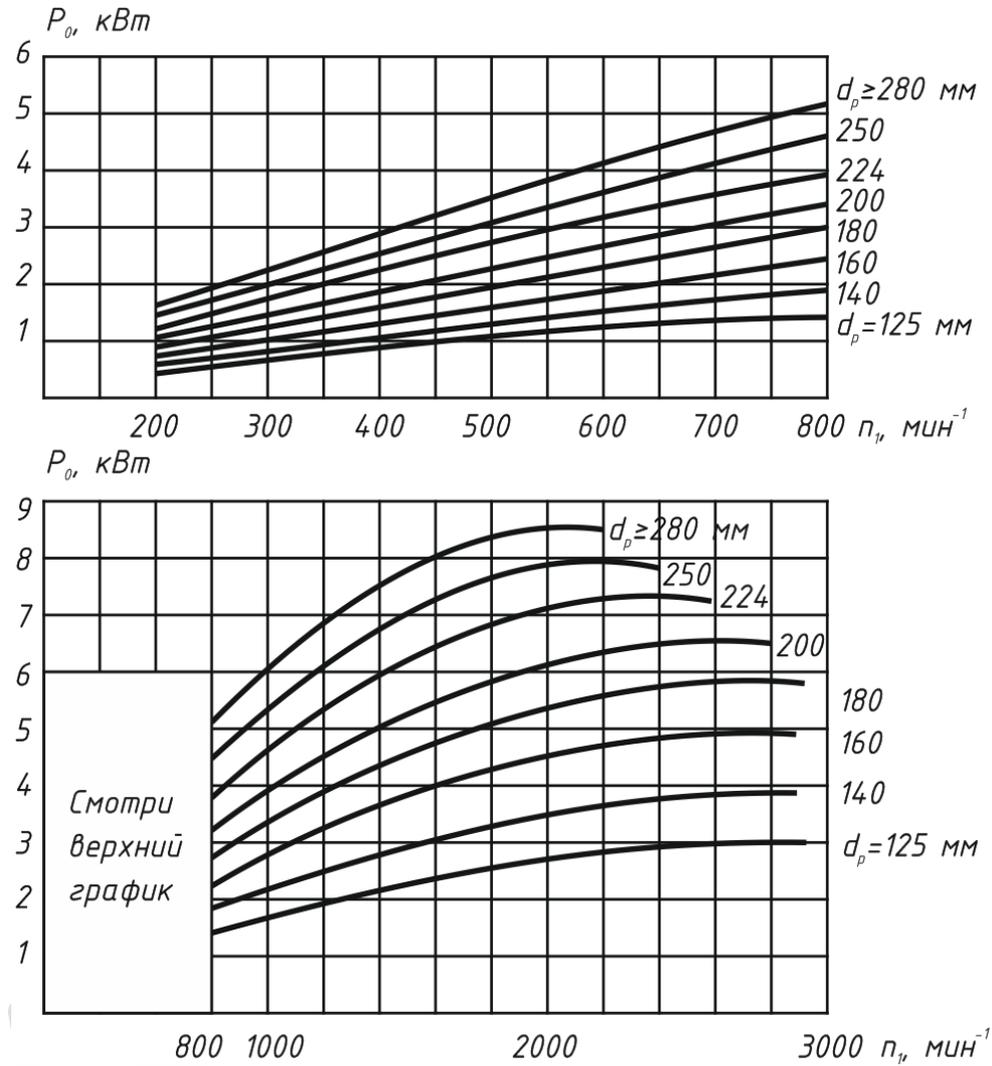
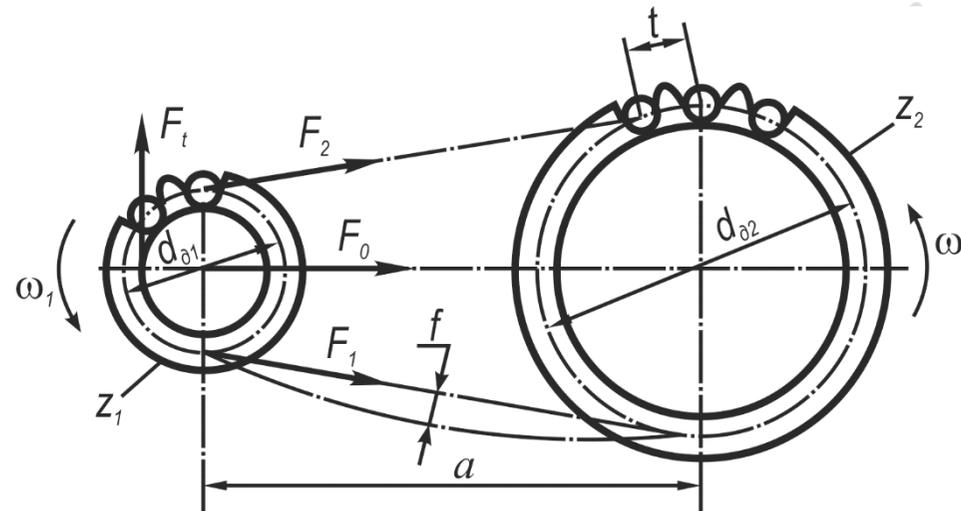


Рисунок 4.7 – Мощность P_o , передаваемая одним клиновым ремнем нормального сечения В(Б) при $u=1$, $\alpha=180^\circ$, длине $L=2240$ мм и спокойной работе

5 ЦЕПНЫЕ ПЕРЕДАЧИ



a – межосевое расстояние; z_1, z_2 – числа зубьев ведущей и ведомой звездочек; $d_{\partial 1}, d_{\partial 2}$ – делительные диаметры ведущей и ведомой звездочек; ω_1, ω_2 – угловые скорости ведущей и ведомой звездочек; t – шаг цепи; f – провисание цепи; F_t – окружная сила на ведущей звездочке; F_0 – сила преднатяжения цепи; F_1 – сила на ведущей ветви; F_2 – сила на ведомой ветви

Рисунок 5.1 – Схема цепной передачи

Таблица 5.1 – Допускаемое давление в шарнирах роликовых цепей $[p]$, МПа

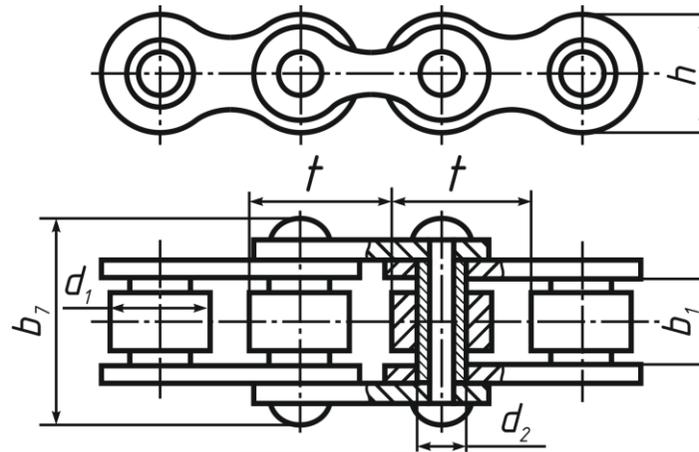
Шаг цепи t , мм	Частота вращения малой звездочки n_1 , мин ⁻¹							
	50	200	400	600	800	1000	1200	1600
12,7–15,875	35	31,5	28,5	26	24	22,5	21	18,5
19,05–25,4	35	30	26	23,5	21	19	17,5	15
31,75–38,1	35	29	24	21	18,5	16,5	15	–
44,45–50,8	35	26	21	17,5	15	–	–	–

Примечание – При значениях n_1 , отличающихся от приведенных в таблице, величину $[p]$ находят интерполированием.

Таблица 5.2 – Частные коэффициенты, входящие в коэффициент эксплуатации K_0 ,

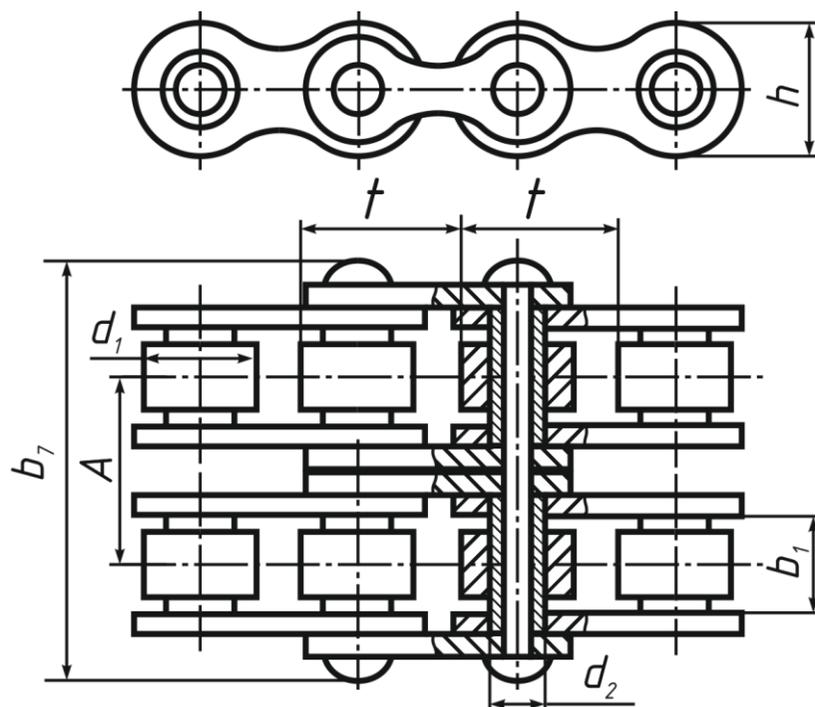
Коэффициент динамической нагрузки K_d :	
спокойная нагрузка	$K_d=1,0$
нагрузка с толчками	$K_d=1,2-1,5$
сильные удары	$K_d=1,8$
Коэффициент межосевого расстояния K_a : при $a=(30...50)t$	
$K_a=1,0$	
Коэффициент наклона передачи к горизонту K_n :	
наклон линии центров звездочек к горизонту до 70°	$K_n=1,0$
тоже свыше 70°	$K_n=1,25$
Коэффициент способа регулирования цепи $K_{рег}$:	
для передачи с передвигающимися опорами	$K_{рег}=1,0$
для передачи с нажимным роликом или оттяжными звездочками	$K_{рег}=1,15$
для передачи с нерегулируемым натяжением	$K_{рег}=1,25$
Коэффициент смазки K_c :	
при непрерывной смазке	$K_c=0,8$
при регулярной смазке	$K_c=1,0$
при периодической смазке	$K_c=1,5$
Коэффициент режима работы $K_{реж}$:	
односменная работа	$K_{реж}=1,0$
двухсменная работа	$K_{реж}=1,25$
трехсменная работа	$K_{реж}=1,5$

Таблица 5.3 – Цепи приводные роликовые однорядные типа ПР (по ГОСТ 13568–97)



Типоразмер цепи	t , мм	b_1 , мм, не менее	d_2 , мм	d_1 , мм	h , мм, не более	b_7 , мм, не более	Разрушающая нагрузка, кН, не менее	Масса 1 м цепи (расчетная), кг
ПР–8–4,6	8,0	3,00	2,31	5,00	7,5	12	4,6	0,20
ПР–9,525–9,1	9,525	5,72	3,28	6,35	8,5	17	9,1	0,45
ПР–12,7–10–1	12,7	2,40	3,66	7,75	10,0	10,5	10,0	0,30
ПР–12,7–9	12,7	3,30	3,66	7,75	10,0	12	9,0	0,35
ПР–12,7–18,2–1	12,7	5,40	4,45	8,51	11,8	19	18,2	0,65
ПР–12,7–18,2	12,7	7,75	4,45	8,51	11,8	21	18,2	0,75
ПР–15,875–23–1	15,875	6,48	5,08	10,16	14,8	20	23,0	0,80
ПР–15,875–23	15,875	9,65	5,08	10,16	14,8	24	23,0	1,00
ПР–19,05–31,8	19,05	12,70	5,94	11,91	18,2	33	31,8	1,90
ПР–25,4–60	25,4	15,88	7,92	15,88	24,2	39	60,0	2,60
ПР–31,75–89	31,75	19,05	9,53	19,05	30,2	46	89,0	3,80
ПР–38,1–127	38,1	25,40	11,10	22,23	36,2	58	127,0	5,50
ПР–44,45–172,4	44,45	25,40	12,70	25,40	42,4	62	172,4	7,50
ПР–50,8–227	50,8	31,75	14,27	28,58	48,3	72	227,0	9,7
ПР–63,5–354	63,5	38,10	19,84	39,68	60,4	89	354,0	16,0

Таблица 5.4 – Цепи приводные роликовые двухрядные типа 2ПР (по ГОСТ 13568–97)



Типоразмер цепи	t , мм	b_1 , мм, не менее	d_2 , мм	d_1 , мм	A , мм	h , мм, не более	b_7 , мм, не более	Разрушающая нагрузка, кН, не менее	Масса 1 м цепи, (расчетная), кг
2ПР–12,7–31,8	12,7	7,75	4,45	8,51	13,92	11,80	11	31,8	
2ПР–15,875–45,4	15,875	9,65	5,08	10,16	16,59	14,80	41	45,4	1,9
2ПР–19,05–64	19,05	12,70	5,96	11,91	22,78	18,08	53,4	64,0	2,9
2ПР–25,4–114	25,4	15,88	7,92	15,88	29,29	24,20	68	114,0	5,0
2ПР–31,75–177	31,75	19,05	9,53	19,05	35,76	30,20	82	177,0	7,3
2ПР–38,1–254	38,1	25,40	11,10	22,23	45,44	36,20	104	254,0	11,0
2ПР–44,45–344	44,45	25,40	12,70	25,40	48,87	42,24	110	344,8	14,4
2ПР–50,8–453,6	50,8	31,75	14,27	28,58	58,55	48,30	130	453,6	19,1

Таблица 5.5 – Допускаемые значения частоты вращения $[n_1]$ малой звездочки для приводных роликовых цепей (при $z_1 \geq 15$)

t , мм	$[n_1]$, мин ⁻¹	t , мм	$[n_1]$, мин ⁻¹
12,7	1250	31,75	630
15,875	1000	38,1	500
19,05	900	44,45	400
25,04	800	50,8	300

Примечание – Для передач, защищенных от пыли, при спокойной работе и надежном смазывании допускается увеличение $[n_1]$ на 30 %.

Таблица 5.6 – Значения коэффициента провисания цепи K_f

Расположение цепи	K_f
Горизонтальное	6
Наклон к горизонту под углом до 40°	3
Наклон к горизонту под углом более 40°	2
Вертикальное	1

Таблица 5.7 – Значения коэффициента нагрузки вала K_e

Наклон линии центров звездочек к горизонту	Характер нагрузки	K_e
0–40°	спокойная	1,15
	ударная	1,3
40°–90°	спокойная	1,05
	ударная	1,15

Таблица 5.8 – Значения допускаемого коэффициента запаса прочности $[S]$ приводных роликовых цепей типа ПР и 2ПР

$n_l, \text{мин}^{-1}$	Шаг цепи $t, \text{мм}$							
	12,7	15,875	19,05	25,4	31,75	38,1	44,45	50,8
50	7,1	7,2	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,6
100	7,3	7,4	7,5	7,6	7,8	8,0	8,1	8,3
300	7,9	8,2	8,4	8,9	9,4	9,8	10,3	10,8
500	8,5	8,9	9,4	10,2	11,0	11,8	12,5	–
750	9,3	10,0	10,7	12,0	13,0	14,0	–	–
1000	10,0	10,8	11,7	13,3	15,0	–	–	–
1250	10,6	11,6	12,7	14,5	–	–	–	–

Таблица 5.9 – Допускаемое давление в шарнирах цепи $[p_u], \text{Н/мм}^2$

Скорость цепи $v, \text{м/с}$	0,1	0,4	1	2	4	6	8	10
$[p_u], \text{Н/мм}^2$	32	28	25	21	17	14	12	10

Таблица 5.10 – Значения коэффициента $K_{\text{ряд}}$, учитывающего неравномерность распределения нагрузки по рядам цепи

Число рядов	1	2	3	4
$K_{\text{ряд}}$	1,0	1,7	2,5	3,0

Таблица 5.11 [1] – Площадь опорной поверхности шарнира однорядной цепи

Обозначение цепи	Площадь опорной поверхности шарнира однорядной цепи, см ²	Обозначение цепи	Площадь опорной поверхности шарнира однорядной цепи, см ²
ПР–84,6	0,11	ПРА–25,4–60	1,79
ПВ–9,525–11,5	0,4	ПР–31,75–89	2,62
ПВ–9,525–13	0,56	ПР–38,1–127	3,94
ПР–9,525–9,1	0,28	ПРА–44,45–172	4,72
ПР–12,7–10–1	0,13	ПРА–50,8–227	6,45
ПР–12,7–9	0,22	ПР–63,5–354	10,89
ПР–12,7–18,2–1	0,39	ПРИ–78,1–360	10,29
ПР–12,7–18,2	0,50	ПРИ–78,1–400	11,31
ПР–15,875–23–1	0,51	ПРИ–103,2–650	19,68
ПР–15,875–23	0,67	ПРИ–140–1200	43,20
ПР–19,05–31,8	1,05		

Примечание – Площадь опорной поверхности шарнира многорядной цепи равна произведению площади опорной поверхности шарнира однорядной цепи на число рядов в цепи.

6 ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ

Таблица 6.1 – Сочетания материалов зубчатой пары и варианты термической обработки (Т.О.)

I	Марки сталей одинаковы для шестерни и колеса: 45, 40X, 40XH, 35XM Т.О. шестерни – улучшение; HB=269–302 Т.О. колеса – улучшение; HB=235–262
II	Марки сталей одинаковы для шестерни и колеса: 45, 40X, 40XH, 35XM Т.О. шестерни – улучшение и закалка ТВЧ; HRC=45–50 для стали 40X, HRC=48–53 для сталей 40XH и 35XM Т.О. колеса – улучшение; HB=269–302
III	Марки сталей одинаковы для шестерни и колеса: 45, 40X, 40XH, 35XM Т.О. шестерни и колеса – улучшение и закалка ТВЧ; HRC=45–50 для стали 40X, HRC=48–53 для сталей 40XH и 35XM
IV	Марки сталей для шестерни: 20X, 20XH2M, 18XH3A, 15XGM Т.О. шестерни – цементация; HRC=56–63 Марки сталей для колеса: 40X, 40XH, 35XM Т.О. колеса – улучшение и закалка ТВЧ; HRC=45–50 для стали 40X, HRC= 48–53 для сталей 40XH, 35XM
V	Марки сталей одинаковы для шестерни и колеса: 20X, 20XH2M, 18XGT, 12XH3A, 25XGM Т.О. шестерни и колеса – цементация; HRC=56–63
Примечание – Для редукторов, к размерам которых не предъявляют высоких требований, следует применять дешевые марки стали типа 45 и 40X с Т.О. по варианту I или II.	

Таблица 6.2 – Значения пределов текучести σ_T материалов, применяемых для изготовления зубчатых колес

Марка стали	Термическая обработка	Твердость поверхности	σ_T , МПа
45	Улучшение	HB=235–262	540
	–«–	HB=269–302	650
40X	–«–	HB=235–262	640
	–«–	HB=269–302	750
	Улучшение и закалка ТВЧ	HRC=45–50	750
40XH,35XM	Улучшение	HB=235–262	630
	–«–	HB=269–302	750
	Улучшение и закалка ТВЧ	HRC=48–53	750
20X, 20XH2M, 12XH3A, 25XGM, 18XGT	Улучшение, цементация и закалка	HRC=56–63	800

Таблица 6.3 – Значения параметров σ_{Hlimb} , σ_{Flimb}^o , $[\sigma]_{Hmax}$, σ_{FSt}^o

Термическая (химико-термическая) обработка	Твердость зубьев по поверхности	Стали	σ_{Hlimb} , МПа	σ_{Flimb}^o , МПа	$[\sigma]_{Hmax}$, МПа	σ_{FSt}^o , МПа
Отжиг, нормализация или улучшение	180–350 НВ	Углеродистая и легированная (40X, 40XH, 40XФА и др.)	$2 \overline{HB} + 70$	1,75НВ	2,8 σ_T	6,5 \overline{HB}
Объемная закалка	45–55 HRC	40X, 40XФА	17 $\overline{HRC} + 10$	500–550		2250
		40XH			2500	
Закалка при нагреве ТВЧ по контуру зубьев	48–52 HRC	40X, 35XM	17 \overline{HRC}	600–700	40 \overline{HRC}	2200
		40XH, 40XH2MA				+200
Закалка при нагреве ТВЧ сквозная с охватом впадины ($m_n < 3$ мм)	48–52 HRC	40X, 35XM	23 \overline{HRC}	750–800		
		40XH, 40XH2M2				2800
Цементация	57–62 HRC	Легированная сталь всех марок				

Таблица 6.4 – Значения коэффициентов, характеризующих интенсивность типовых режимов нагружения (по ГОСТ 21354–87)

Режим работы	Расчет на контактную усталость		Расчет на изгибную усталость					
	Термообработка	K_{FE}	Термообработка	q_F	K_{FE}	Термообработка	q_F	K_{FE}
0	любая	1,00	Улучшение, нормализация, азотирование	6	1,00	Закалка объемная, поверхностная, цементация	9	1,00
I		0,50			0,30			0,20
II		0,25			0,14			0,10
III		0,18			0,06			0,04
IV		0,125			0,038			0,016
V		0,063			0,013			0,004

Таблица 6.5 – Значения коэффициентов ширины колеса относительно межосевого расстояния ψ_{ba} и ширины колеса относительно диаметра ψ_{bd}

Расположение колес относительно опор	Рекомендуемые значения	Твердость рабочих поверхностей зубьев	
		HB ₂ ≤ 350	HRC ₁ и HRC ₂ > 35
Симметричное	ψ_{ba}	0,3–0,5	0,25–0,3
	$\psi_{bd \max}$	1,2–1,6	0,9–1,0
Несимметричное	ψ_{ba}	0,25–0,4	0,2–0,25
	$\psi_{bd \max}$	1,0–1,25	0,65–0,8
Консольное	ψ_{ba}	0,2–0,25	0,15–0,2
	$\psi_{bd \max}$	0,6–0,7	0,45–0,55

Примечания
 1 Для шевронных колес ψ_{ba} увеличивают в 1,3–1,4 раза.
 2 Большие значения ψ_{ba} принимают для постоянных нагрузок.
 3 Для быстроходной ступени 2-ступенчатых редукторов значения ψ_{ba} , ψ_{bd} принимают на 20–30 % меньше, чем в тихоходной.

Таблица 6.6 – Стандартные значения коэффициента ширины колеса относительно межосевого расстояния (по ГОСТ 2185–66)

ψ_{ba}	0,1; 0,125; 0,16; 0,2; 0,25; 0,315; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25
-------------	--

Таблица 6.7 – Нормальные линейные размеры (по ГОСТ 6636–69)

3,2	5,6	10	18	32	56	100	180	320	560
3,4	6,0	10,5	19	34/35	60/62	105	190	340	600
3,6	6,3	11	20	36	63/65	110	200	360	630
3,8	6,7	11,5	21	38	67/70	120	210	380	670
4,0	7,1	12	22	40	71/72	125	220	400	710
4,2	7,5	13	24	42	75	130	240	420	750
4,5	8,0	14	25	45/47	80	140	250	450	800
4,8	8,5	15	26	48	85	150	260	480	850
5,0	9,0	16	28	50/52	90	160	280	500	900
5,3	9,5	17	30	53/55	95	170	300	530	950

Примечание – Под косой чертой приведены размеры посадочных мест для подшипников качения.

Таблица 6.8 – Значения ширины шестерни b_1 в зависимости от ширины колеса b_2

b_2 , мм	До 30	Свыше 30 до 50	Свыше 50 до 80	Свыше 80 до 120
b_1 , мм	$1,1b_2$	$1,09b_2$	$1,08b_2$	$1,06b_2$

Таблица 6.9 – Стандартные значения модулей (по ГОСТ 9563–60)

1 ряд	1,0; 1,25; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 6,0; 8,0; 10,0; 12,0; 16,0; 20,0
2 ряд	1,375; 1,75; 2,25; 2,75; 3,5; 4,5; 7,0; 9,0; 11; 14; 18; 22
Примечания:	
1 Ряд 1 следует предпочитать ряду 2	
2 Для силовых передач $m \geq 1,5$	

Таблица 6.10 – Основные геометрические параметры цилиндрических прямозубых передач внешнего зацепления

Параметр	Обозначения и расчетные формулы
1 Делительное межосевое расстояние	$a=z_1m/2$
2 Угол зацепления α_w , град	$\cos\alpha_w = a/a_w \cdot \cos\alpha$
3 Коэффициент суммы смещения	$x_E = z_z(\operatorname{inv}\alpha_w - \operatorname{inv}\alpha)/2\operatorname{tg}\alpha$
4 Коэффициент воспринимаемого смещения	$y = (a_w - a)/m$
5 Коэффициент уравнивающего смещения	$\Delta y = x_z - y$
6 Делительный диаметр:	
шестерни	$d_1 = z_1m$
колеса	$d_2 = z_2m$
7 Диаметр вершин зубьев:	
шестерни	$d_{a1} = d_1 + 2(h_a^* + x_1 - \Delta y)m$
колеса	$d_{a2} = d_2 + 2(h_a^* + x_2 - \Delta y)m$
8 Диаметр впадин:	
шестерни	$d_{f1} = d_1 - 2(h_a^* + c^* - x_1)m$
колеса	$d_{f2} = d_2 - 2(h_a^* + c^* - x_2)m$
9 Высота зуба:	
шестерни	$h_1 = 0,5(d_{a1} - d_{f1})$
колеса	$h_2 = 0,5(d_{a2} - d_{f2})$
Примечания	
1 Угол профиля зуба исходного контура в нормальном сечении $\alpha = 20^\circ$.	
2 Значение эвольвентной функции ($\operatorname{inv}\alpha$, $\operatorname{inv}\alpha_w$) – по таблице 6.11.	
3 Коэффициент высоты головки исходного контура $h_a^* = 1$.	
4 Коэффициент радиального зазора нормального исходного контура $c^* = 0,25$.	
5 Разбивку значения $x_E = x_1 + x_2$ на составляющие x_1 и x_2 производить по таблице 6.12.	
6 Расчет параметров вести с точностью до 4-х знаков после запятой.	

Таблица 6.11 – Основные геометрические параметры цилиндрических косозубых и шевронных передач внешнего зацепления, образованных реечным инструментом

Параметры	Обозначения и расчетные формулы
1 Модуль торцовый, мм	$m_t = m_n / \cos \beta$
2 Делительный диаметр, мм:	
шестерни	$d_1 = m_t z_1$
колеса	$d_2 = m_t z_2$
3 Диаметр вершин зубьев, мм:	
шестерни	$d_{a1} = d_1 + 2(h_a^* + x_1)m_n$
колеса	$d_{a2} = d_2 + 2(h_a^* + x_2)m_n$
4 Диаметр впадин, мм:	
шестерни	$d_{f1} = d_1 - 2(h_a^* + c^* - x_1)m_n$
колеса	$d_{f2} = d_2 - 2(h_a^* + c^* - x_2)m_n$
5 Высота зуба, мм:	
шестерни	$h_1 = 0,5(d_{a1} - d_{f1})$
колеса	$h_2 = 0,5(d_{a2} - d_{f2})$
Примечания	
1 Коэффициент высоты головки исходного контура $h_a^* = 1$.	
2 Коэффициент радиального зазора нормального исходного контура $c^* = 0,25$.	
3 Расчет параметров вести с точностью до 4 знаков после запятой.	

Таблица 6.12 – Размеры фасок на торцах зубчатого венца

d , мм	20–30	30–40	40–50	50–80	80–120	120–150	150–250	250–500
f , мм	1,0	1,2	1,6	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0

Таблица 6.13 – Разбивка коэффициента суммы смещения x_{Σ} цилиндрической прямозубой передачи на составляющие x_1 и x_2

Коэффициент суммы смещения x_{Σ}	Коэффициент смещения		Область применения	
	у шестерни x_1	у колеса x_2		
$0 < x_{\Sigma} \leq 0,5$	x_E	0	Кинематические передачи	$z_1 \geq z_{min}$, но не менее 10 и $z_2 \geq 17$; z_{min} определяется по графику (рисунок 6.4) при $x = x_1 = x_{\Sigma}$
			Силовые передачи	$z_1 \geq z_{1min} + 2$ и $z_2 \geq 21$; z_{min} определяется по графику (рисунок 6.4) при $x = x_1 = x_{\Sigma}$
$0,5 \leq x_{\Sigma} \leq 1$	0,5	$x_E - 0,5$	Кинематические передачи	$z_1 \geq 10$ и $z_2 \geq z_{2min}$; z_{2min} определяется по графику (рисунок 6.4) при $x = x_2 = x_{\Sigma} - 0,5$
			Силовые передачи	$z_1 \geq 11$ и $z_2 \geq z_{2min} + 2$; z_{2min} определяется по графику (рисунок 6.4) при $x = x_2 = x_{\Sigma} - 0,5$

Таблица 6.14 – Степень точности передачи в зависимости от окружной скорости

Степень точности	Прямые зубья		Непрямые зубья	
	Цилиндрическая передача	Коническая передача	Цилиндрическая передача	Коническая передача
6	До 15	До 12	До 30	До 20
7	10	8	15	10
8	6	4	10	7
9	2	1,4	4	3

Таблица 6.15 – Значения коэффициентов $K_{H\alpha}$ и $K_{F\alpha}$

Степень точности	Окружная скорость v , м/с					
	До 5		Свыше 5 до 10		Свыше 10 до 15	
	$K_{H\alpha}$	$K_{F\alpha}$	$K_{H\alpha}$	$K_{F\alpha}$	$K_{H\alpha}$	$K_{F\alpha}$
7	1,03	1,07	1,05	1,2	1,08	1,25
8	1,07	1,22	1,10	1,3	1,15	1,4
9	1,13	1,35	–	–	–	–

Примечание – Для прямозубых передач $K_{H\alpha}=1,0$ и $K_{F\alpha}=1,0$.

Таблица 6.16 – Значения коэффициента K_{Hv}

Передача	Твердость НВ поверхности зубьев	Окружная скорость v , м/с			
		до 5	10	15	20
		Степень точности			
		8		7	
Прямозубая	≤ 350	1,05	–	–	–
	> 350	1,10	–	–	–
Косозубая и шевронная	≤ 350	1,0	1,01	1,02	1,05
	> 350	1,0	1,05	1,07	1,10

Таблица 6.17 – Значения коэффициента K_{Fv}

Степень точности	Твердость HV рабочей поверхности зубьев	Окружная скорость v , м/с		
		3	3–8	8-12,5
6	≤ 350	1/1	1,2/1	1,3/1,1
	> 350	1/1	1,15/1	1,25/1
7	≤ 350	1,15/1	1,35/1	1,45/1,2
	> 350	1,15/1	1,25/1	1,35/1,1
8	≤ 350	1,25/1,1	1,45/1,3	–/1,4
	> 350	1,2/1,1	1,35/1,2	–/1,3

Примечание – В числителе указаны значения K_{Fv} для прямозубых передач, в знаменателе – для косозубых.

Таблица 6.18 – Значения внешнего делительного диаметра конического колеса (по ГОСТ 12289–76)

d_{e2} , мм	50; (56); 63; (71); 80; (90); 100; (112); 125; (140); 160; (180); 200; (225); 250; 280; 315; 355; 400; 450; 500; 560; 630; 710; 800; 900
Примечания	
1 Предпочтительными являются значения без скобок.	
2 Фактические значения d_{e2} не должны отличаться от номинальных более чем на 2 %.	

Таблица 6.19 – Число зубьев конической шестерни в зависимости от твердости рабочих поверхностей зубьев

$\overline{HRC}_1 \geq 45$ и $\overline{HB}_2 < 350$	$\overline{HB}_1 \leq 350$ и $\overline{HB}_2 \leq 350$	$\overline{HRC}_1 \geq 45$ и $\overline{HRC}_2 \geq 45$
$z_1 = 1,3z'_1$	$z_1 = 1,6z'_1$	$z_1 = z'_1$

Таблица 6.20 – Основные геометрические параметры конических прямозубых передач со смещением

Параметры	Обозначения и расчетные формулы
1 Внешний торцовый модуль, мм (точность вычислений до четвертого знака после запятой)	$m_e = d_{e2}/z_2$
2 Внешний делительный диаметр шестерни, мм	$d_{e1} = m_e z_1$
3 Внешний диаметр вершин зубьев, мм:	
шестерни*	$d_{ae1} = d_{e1} + 2(1 + x_{e1})m_e \cos \delta_1$
колеса*	$d_{ae2} = d_{e2} + 2(1 + x_{e2})m_e \cos \delta_2$
4 Внешнее конусное расстояние, мм	$R_e = d_{e2}/2 \sin \delta_2$
5 Ширина зубчатого венца, мм*	$b = 0,285 R_e$
6 Внешняя высота головки зуба, мм:	
шестерни	$h_{ae1} = (1 + x_{e1})m_e$
колеса	$h_{ae2} = 2m_e - h_{ae1}$
7 Внешняя высота ножки зуба, мм:	
шестерни	$h_{fe1} = h_{ae2} + 0,2m_e$
колеса	$h_{fe2} = h_{ae1} + 0,2m_e$
8 Внешняя высота зуба, мм:	
шестерни	$h_{e1} = h_{ae1} + h_{fe1}$
колеса	$h_{e2} = h_{ae2} + h_{fe2}$
9 Среднее конусное расстояние, мм	$R_m = R_e - 0,5b$
10 Средний окружной модуль, мм	$m_m = m_e R_m / R_e$
11 Средний делительный диаметр, мм:	
шестерни	$d_{m1} = m_m z_1$
колеса	$d_{m2} = m_m z_2$
Примечание – * После расчета округлить до ближайшего целого числа по таблице 6.7.	

Таблица 6.21 – Основные геометрические параметры конических передач с круговым зубом

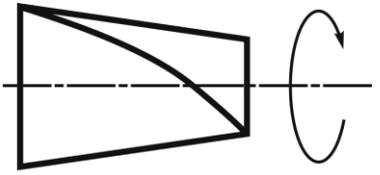
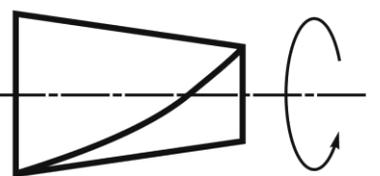
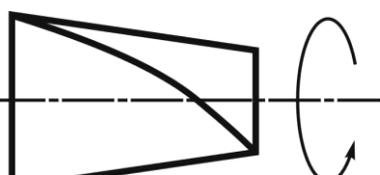
Параметры	Обозначения и расчетные формулы
1 Внешний торцовый модуль, мм (точность вычислений до четвертого знака после запятой)	$m_{te}=d_{e2}/z_2$
2 Внешний делительный диаметр шестерни, мм	$d_{e1}=m_{te}z_1$
3 Внешнее конусное расстояние, мм	$R_e=0,5m_{te}\sqrt{z_1^2+z_2^2}$
4 Ширина зубчатого венца, мм*	$b=0,285R_e$
5 Внешний диаметр вершин зубьев, мм	
шестерни*	$d_{ae1}=d_{e1}+1,64(1+x_{n1})m_{te}\cos\delta_1$
колеса*	$d_{ae2}=d_{e2}+1,64(1+x_{n2})m_{te}\cos\delta_2$
6 Внешняя высота зуба, мм	$h_e=2m_{te}(\cos\beta+0,1)$
7 Внешняя высота головки зуба, мм	
шестерни*	$h_{ae1}=m_{te}\cos\beta(1+x_{n1})$
колеса	$h_{ae2}=2m_{te}\cos\beta-h_{ae1}$
8 Внешняя высота ножки зуба, мм	
шестерни	$h_{fe1}=h_e-h_{ae1}$
колеса	$h_{fe2}=h_e-h_{ae2}$
9 Среднее конусное расстояние, мм	$R=R_e-0,5b$
10 Средний угол наклона зубьев	$\beta=35^\circ$
11 Средний нормальный модуль, мм	$m_{nm}=m_{te}(1-0,5b/R_e)\cos\beta$
12 Средний торцовый модуль, мм	$m_{tm}=m_{te}(1-0,5b/R_e)$
13 Средний делительный диаметр, мм	
шестерни	$d_{m1}=m_{em}z_1$
колеса	$d_{m2}=m_{tm}z_2$
Примечание – * После расчета округлить до ближайшего целого числа по таблице 6.7.	

Таблица 6.22 – Значения коэффициента смещения инструмента для конических колес

z_1	x_{e1} при передаточном числе u_ϕ							
	1,0	1,25	1,6	2,0	2,5	3,15	4,0	5,0
12	–	–	–	–	0,5	0,53	0,56	0,57
13	–	–	–	0,44	0,48	0,52	0,54	0,55
14	–	–	0,34	0,42	0,47	0,50	0,52	0,53
15	–	0,18	0,31	0,40	0,45	0,48	0,50	0,51
16	–	0,17	0,30	0,38	0,43	0,46	0,48	0,49
18	0,00	0,15	0,28	0,36	0,40	0,43	0,45	0,46
20	0,00	0,14	0,26	0,34	0,37	0,40	0,42	0,43
25	0,00	0,13	0,23	0,29	0,33	0,36	0,38	0,39
30	0,00	0,11	0,19	0,25	0,28	0,31	0,33	0,34
40	0,00	0,09	0,15	0,20	0,22	0,24	0,20	0,27
x_{n1} при передаточном числе u_ϕ								
	1,0	1,25	1,6	2,0	2,5	3,15	4,0	5,0
12	–	–	–	0,32	0,37	0,39	0,41	0,42
13	–	–	–	0,30	0,35	0,37	0,39	0,40
14	–	–	0,23	0,29	0,33	0,35	0,37	0,38
15	–	0,12	0,22	0,27	0,31	0,33	0,35	0,36
16	–	0,11	0,21	0,26	0,30	0,32	0,34	0,35
18	0,00	0,10	0,19	0,24	0,27	0,30	0,32	0,32
20	0,00	0,09	0,17	0,22	0,25	0,28	0,29	0,29
25	0,00	0,08	0,15	0,19	0,21	0,24	0,25	0,25
30	0,00	0,07	0,11	0,16	0,18	0,21	0,22	0,22
40	0,00	0,05	0,09	0,11	0,14	0,16	0,17	0,17

Примечание – Для передач, у которых z_1 и u_ϕ отличаются от указанных в таблице, коэффициенты x_{e1} и x_{n1} принимают с округлением в большую сторону.

Таблица 6.23 – Выбор знака в формулах для определения F_a и F_r конических передач с круговым зубом

Сочетание направлений	Схема шестерни	Направление вращения шестерни	Направление линии наклона	Силы в зацеплении	
				F_{a1}	F_{r1}
Рекомендуемое		По часовой стрелке	Правое	+	-
		Против часовой стрелки	Левое		
Нерекомендуемое		Против часовой стрелки	Правое	-	+
		По часовой стрелке	Левое		

Примечание – Направление вращения шестерни и направление линии наклона ее зуба определяют со стороны вершины начального конуса.

Таблица 6.24 – Значения коэффициента c в зависимости от передаточного числа для одноступенчатых планетарных передач

u	10	12	14	16
c	1,4	1,5	1,6	1,8

Таблица 6.25 – Значения коэффициента смещения для планетарных передач

Число зубьев сателлитов z_g	Число зубьев солнечной шестерни z_a											
	22		15		18		22		28		34	
	x_1	x_2	x_1	x_2	x_1	x_2	x_1	x_2	x_1	x_2	x_1	x_2
18	0,30	0,61	0,34	0,64	0,54	0,54	–	–	–	–	–	–
22	0,30	0,66	0,38	0,75	0,60	0,64	0,68	0,68	–	–	–	–
28	0,30	0,88	0,26	1,04	0,40	1,02	0,59	0,94	0,86	0,86	–	–
34	0,30	1,03	0,13	1,42	0,30	1,30	0,48	1,20	0,80	1,08	1,01	1,01
42	0,30	1,30	0,20	1,53	0,29	1,48	0,40	1,48	0,72	1,33	0,90	1,30
50	0,30	1,43	0,25	1,65	0,32	1,63	0,43	1,60	0,64	1,60	0,80	1,58
65	0,30	1,69	0,26	1,87	0,41	1,89	0,53	1,80	0,70	1,84	0,83	1,79
80	0,30	1,96	0,30	2,14	0,48	2,08	0,61	1,99	0,75	2,04	0,89	1,97
100	0,30	2,90	0,36	2,32	0,52	2,31	0,65	2,19	0,80	2,26	0,94	2,22
125	–	–	–	–	–	–	0,75	2,43	0,83	2,47	1,00	2,46

Таблица 6.26 – Стандартные значения межосевых расстояний (по ГОСТ 2185–66)

1-й ряд	40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500
2-й ряд	71, 90, 112, 140, 180, 224, 280, 355, 450, 560, 710, 900, 1120, 1400, 800
Примечание – Первый ряд следует предпочитать второму	

Таблица 6.27 – Механические свойства сталей, применяемых для изготовления зубчатых колес

Марка стали	Термообработка	Предельные размеры заготовки, мм		Твердость зубьев		σ_T , МПа
		<i>D</i>	<i>S</i>	в сердцевине	на поверхности	
45	Улучшение	125	80	235-262 НВ	235-262 НВ	540
	Улучшение	80	50	269-302 НВ	269-302 НВ	650
40X	Улучшение	200	125	235-262 НВ	235-262 НВ	640
	Улучшение	125	80	269-302 НВ	269-302 НВ	750
	Улучшение и закалка ТВЧ	125	80	269-302 НВ	45-58 HRC	750
40XH, 35XM	Улучшение	315	200	235-262 НВ	235-262 НВ	630
	Улучшение	200	125	269-302 НВ	269-302 НВ	750
	Улучшение и закалка ТВЧ	200	125	269-302 НВ	48-55 HRC	750
40XH2MA, 38X2MЮA	Улучшение и азотирование	125	80	269-302 НВ	58-67 HRC	780
20X, 20XH2M, 18XГТ, 12XH3A, 25XГР	Улучшение, цементация и закалка	200	125	300-400 НВ	56-63 HRC	800

Таблица 6.28 – Значения коэффициента $K_{H\beta}$

Расположение зубчатых колес относительно опор	Твердость $HВ$ поверхностей зубьев	
	≤ 350	> 350
Симметричное	1,00–1,15	1,05–1,25
Несимметричное	1,10–1,25	1,15–1,35
Консольное	1,20–1,35	1,25–1,45

Примечания:

1. Меньшие значения принимают для передач с отношением $\psi_{bd}=b/d_1=0,4$;
2. При увеличении ψ_{bd} до 0,6 для консольно расположенных колес и до 0,8 – при несимметричном расположении их следует принимать большими из указанных в таблице значений $K_{H\beta}$;
3. При постоянной нагрузке $K_{H\beta}=1$;
4. $\psi_{bd}=b/d_1$.

Таблица 6.29 – Значения коэффициента $K_{F\beta}$

$\psi_{bd}=b/d_1$	Твердость НВ поверхности зубьев							
	≤ 350				> 350			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
0,2	1,00	1,04	1,18	1,10	1,03	1,05	1,35	1,20
0,4	1,03	1,07	1,37	1,21	1,07	1,10	1,70	1,45
0,6	1,05	1,12	1,62	1,40	1,09	1,18	-	1,72
0,8	1,08	1,17	-	1,59	1,13	1,28	-	-
1,0	1,10	1,23	-	-	1,13	1,40	-	-
1,2	1,13	1,30	-	-	1,20	1,53	-	-
1,4	1,19	1,38	-	-	1,30	-	-	-
1,6	1,25	1,45	-	-	1,40	-	-	-
1,8	1,32	1,53	-	-	-	-	-	-

Примечание – Данные, приведенные в столбце I, относятся к передачам с симметричным расположением зубчатых колес относительно опор; II – к передачам с несимметричным расположением; III – к передачам с консольным расположением зубчатых колес при установке валов на шариковых подшипниках; IV – то же, но при установке валов на роликовых подшипниках.

Таблица 6.30 – Значение коэффициента Y_F для зубчатых передач, выполненных без смещения (по ГОСТ 21354–87)

z_v	17	20	25	30	40	50	60	70	80	100 и более
Y_F	4,28	4,09	3,9	3,8	3,7	3,66	3,62	3,61	3,61	3,6

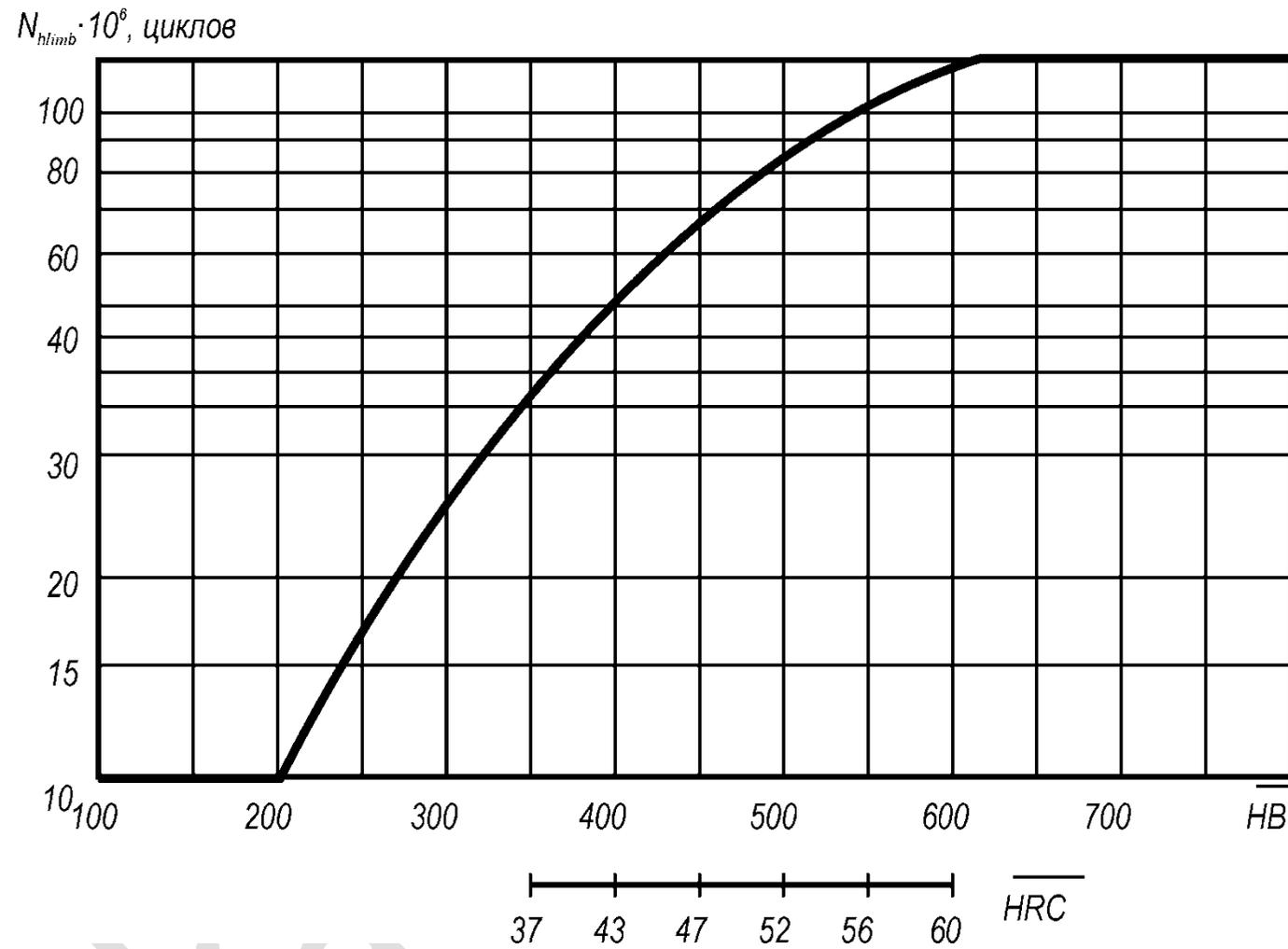
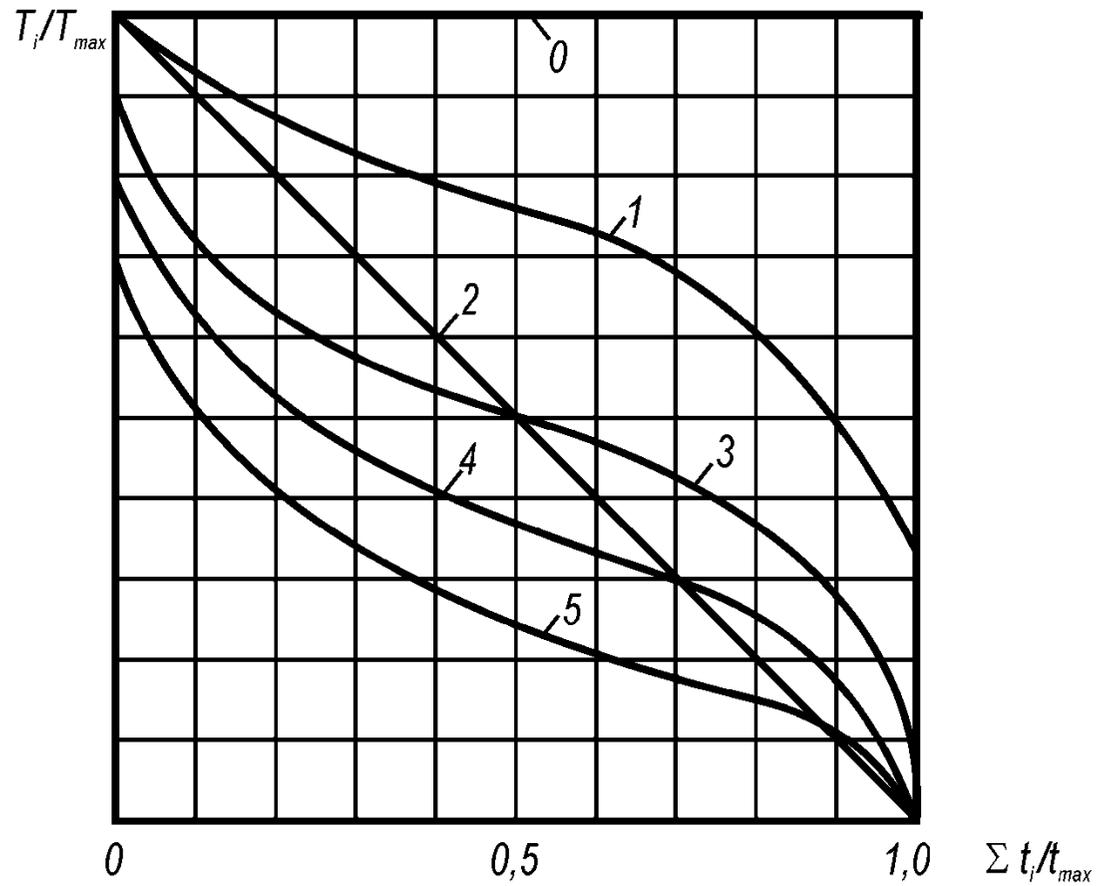


Рисунок 6.1 – График для определения базового числа циклов перемены напряжений N_{hlmb} (по ГОСТ 21354–87)



0 – постоянный; 1 – тяжелый; 2 – средний равновероятностный;
3 – средний нормальный; 4 – легкий; 5 – особо легкий

Рисунок 6.2 – Типовые режимы нагружения

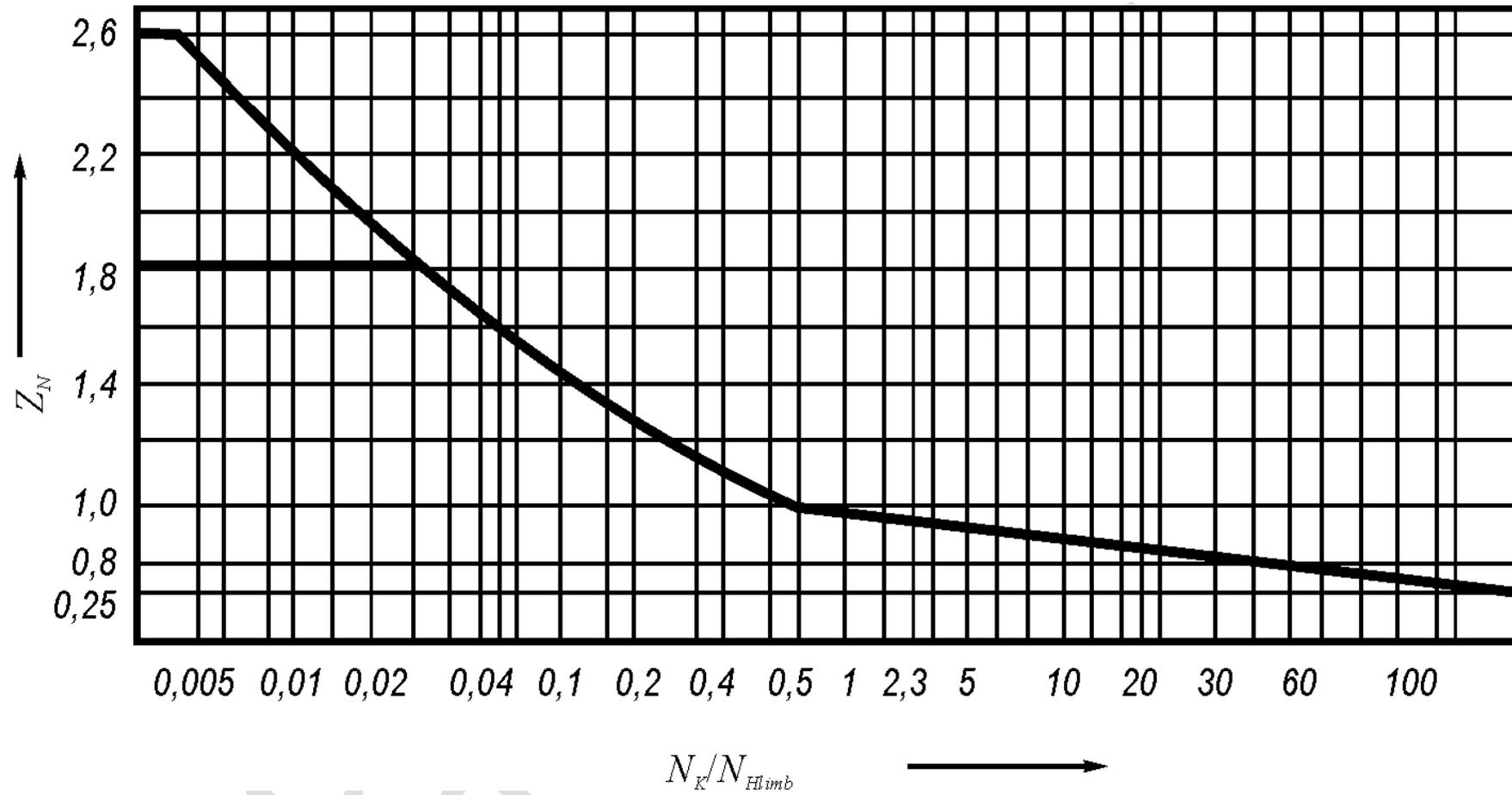


Рисунок 6.3 – График для определения коэффициента Z_N (по ГОСТ 21354–87)

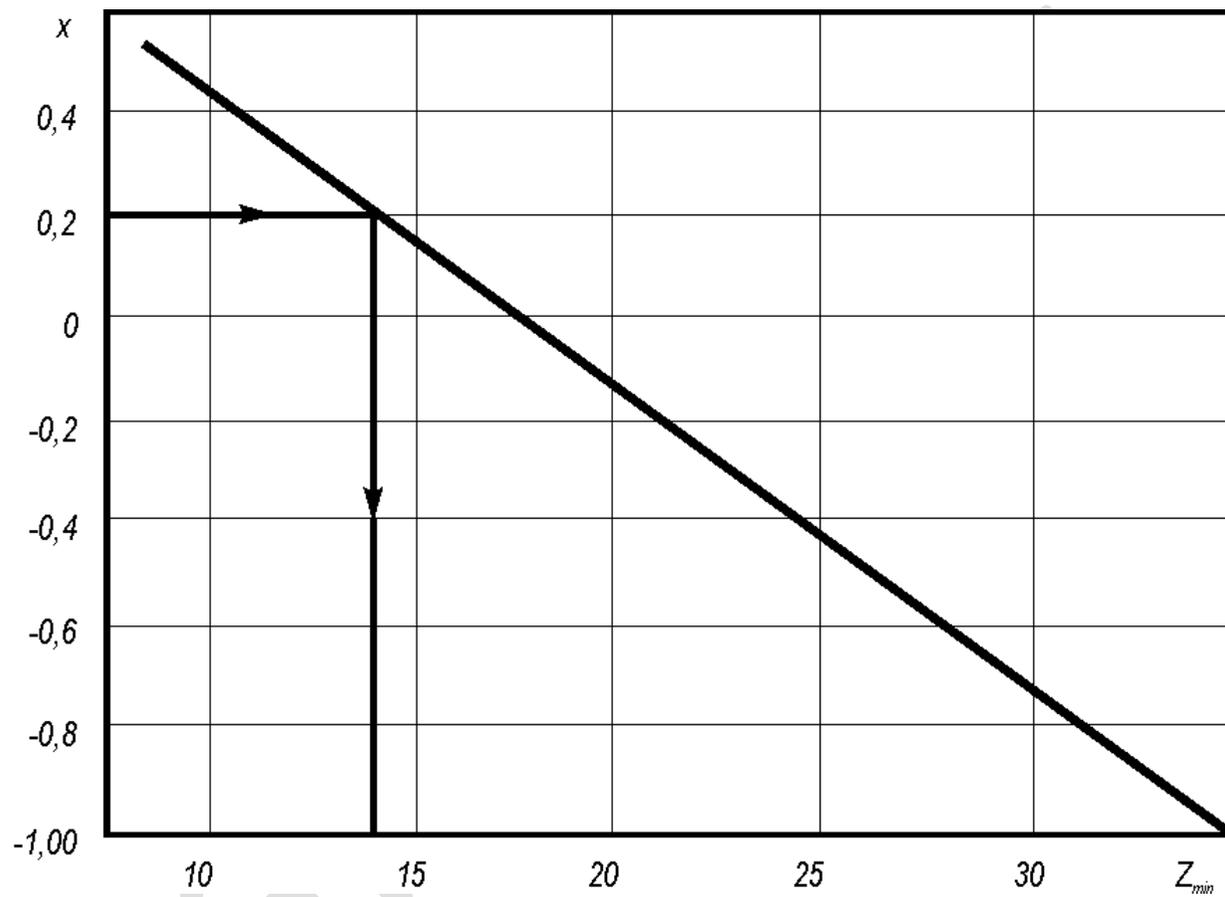


Рисунок 6.4 – График для определения Z_{min} в зависимости от коэффициента смещения x для цилиндрических прямозубых передач

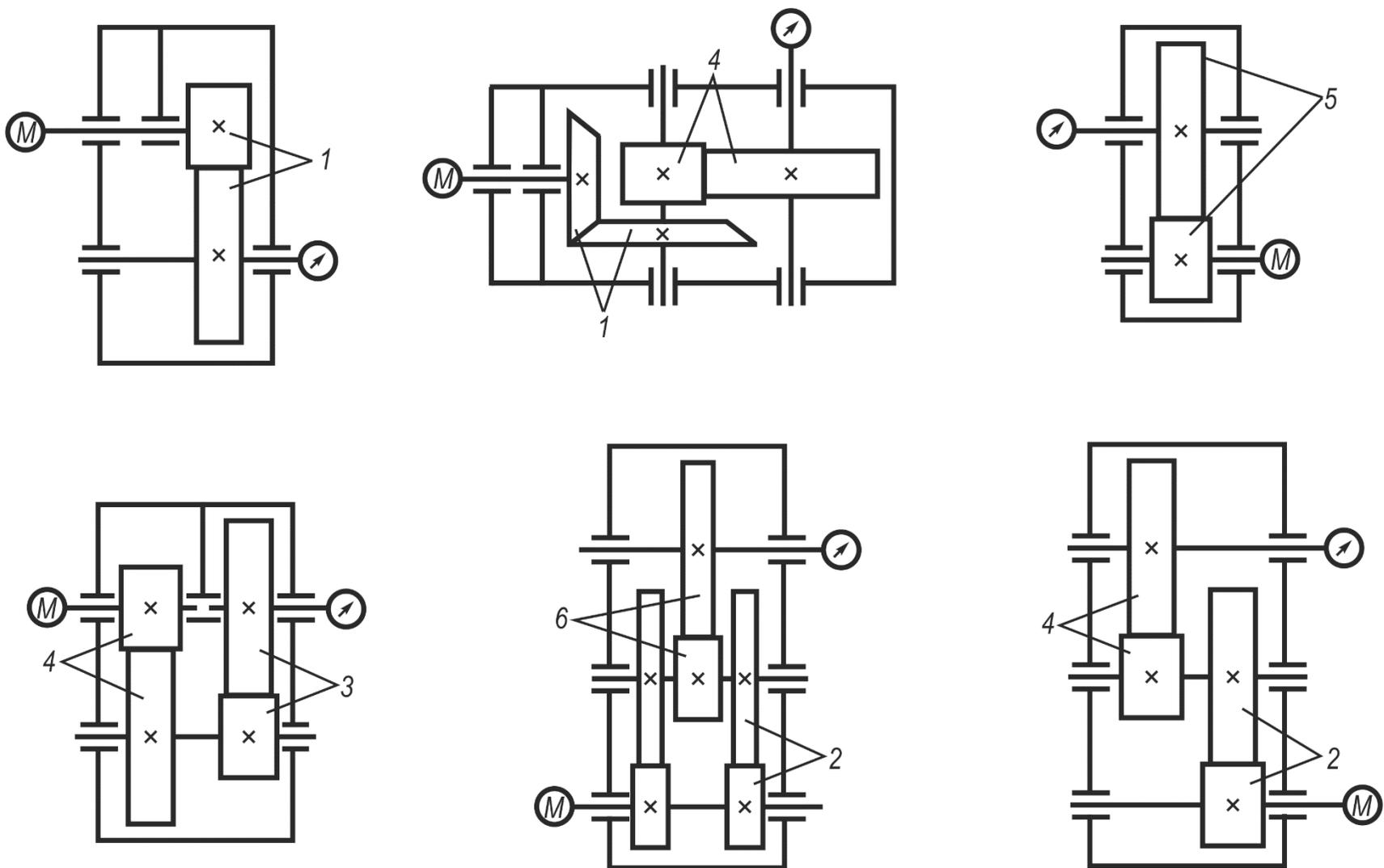
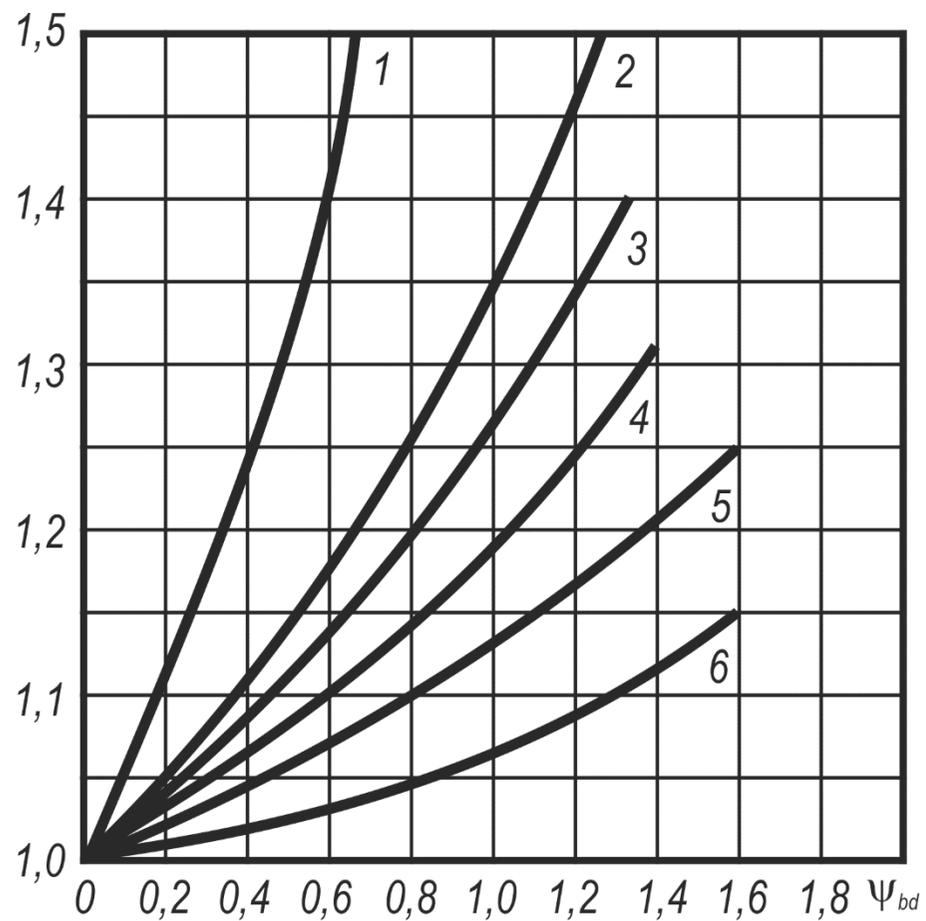
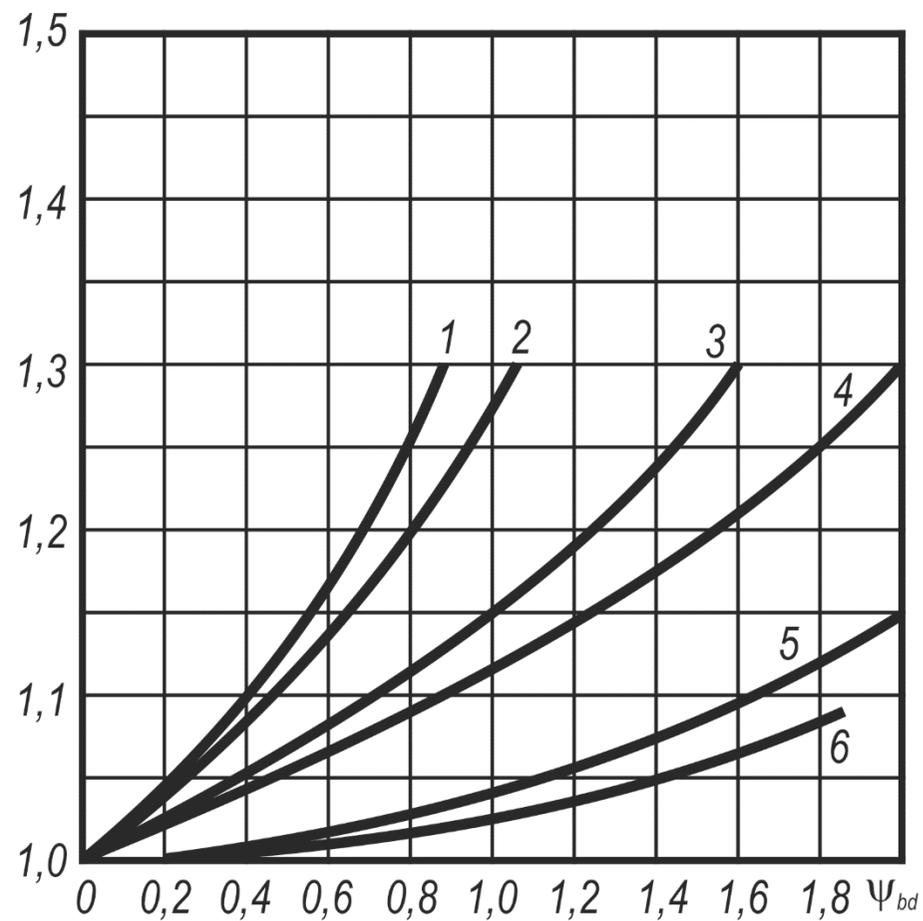


Рисунок 6.5 – Варианты расположения зубчатых колес относительно опор



$K_{H\beta}$ при $HB_1 > 350$ и $HB_2 > 350$



$K_{H\beta}$ при $HB_1 \leq 350$ и $HB_2 \leq 350$

Кривые 1–6 соответствуют передачам, указанным на схемах рисунка 6.5

Рисунок 6.6 – Графики для ориентировочного определения коэффициента $K_{H\beta}$ (по ГОСТ 21354–87)

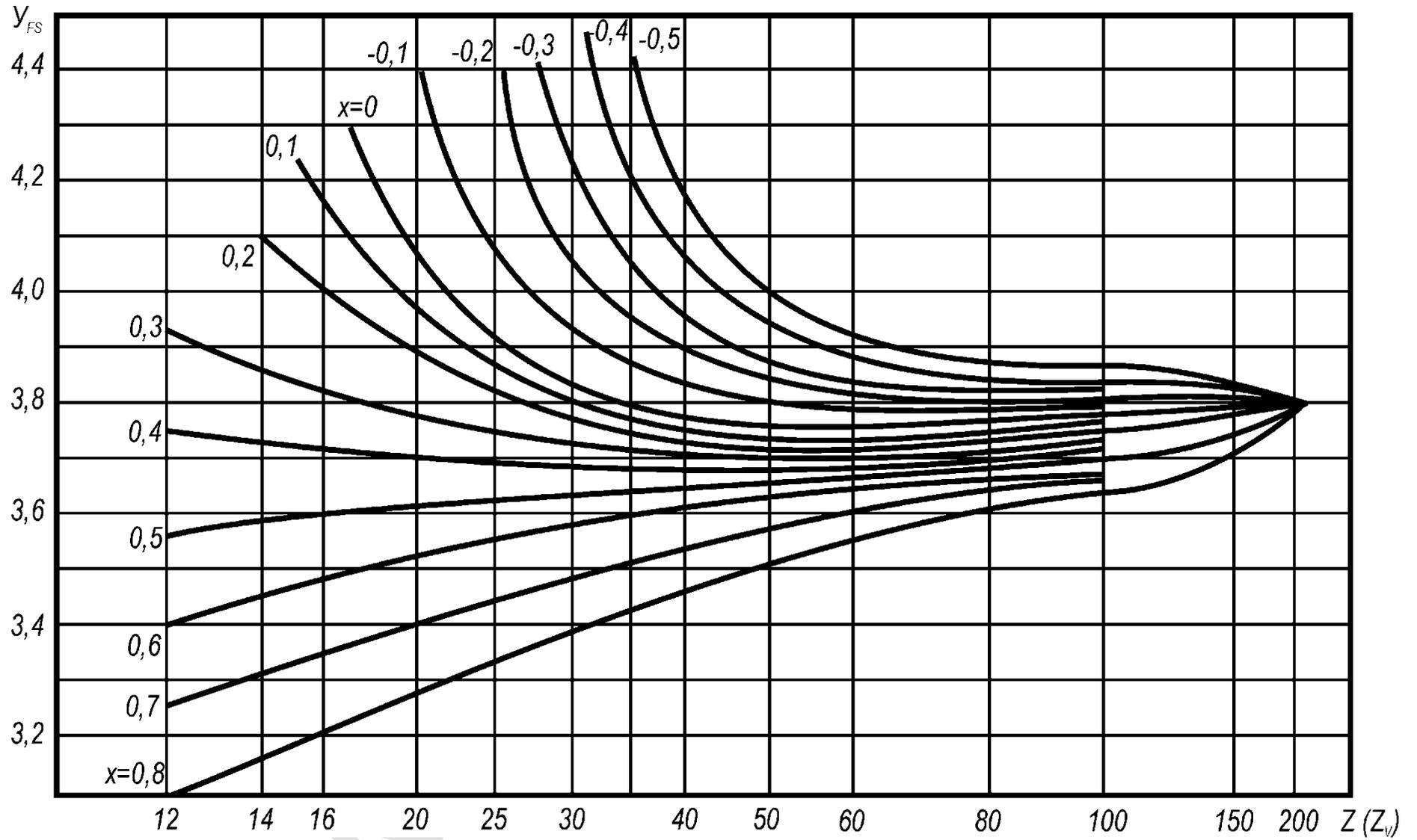
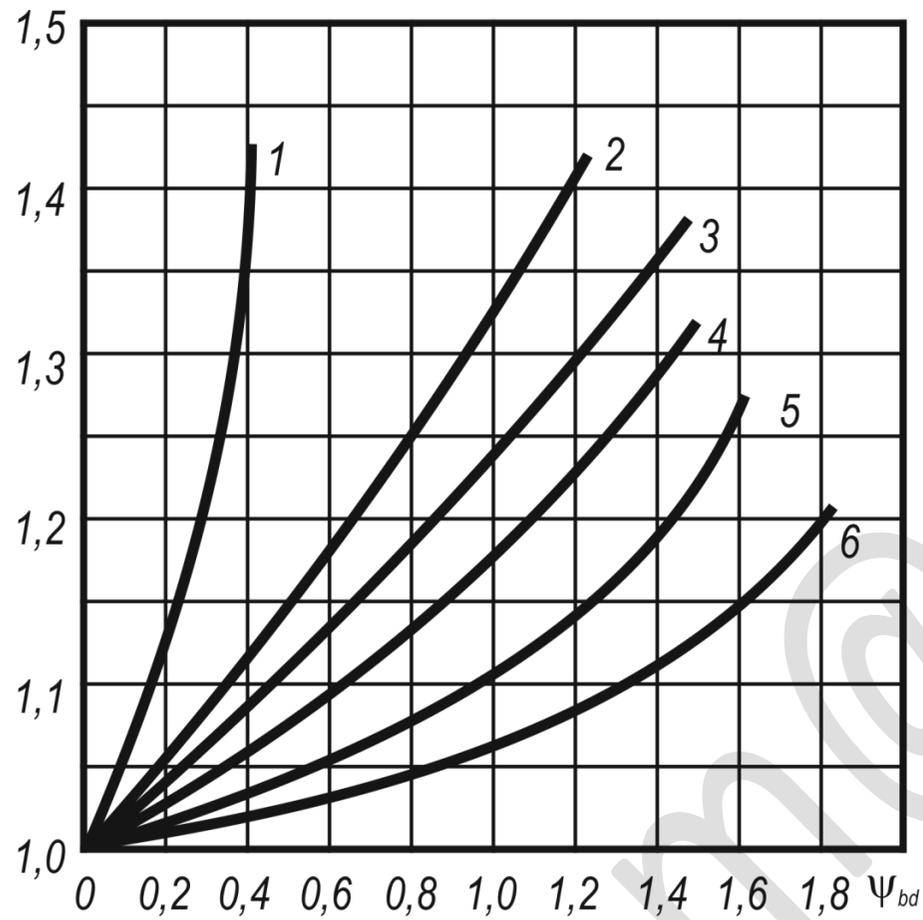
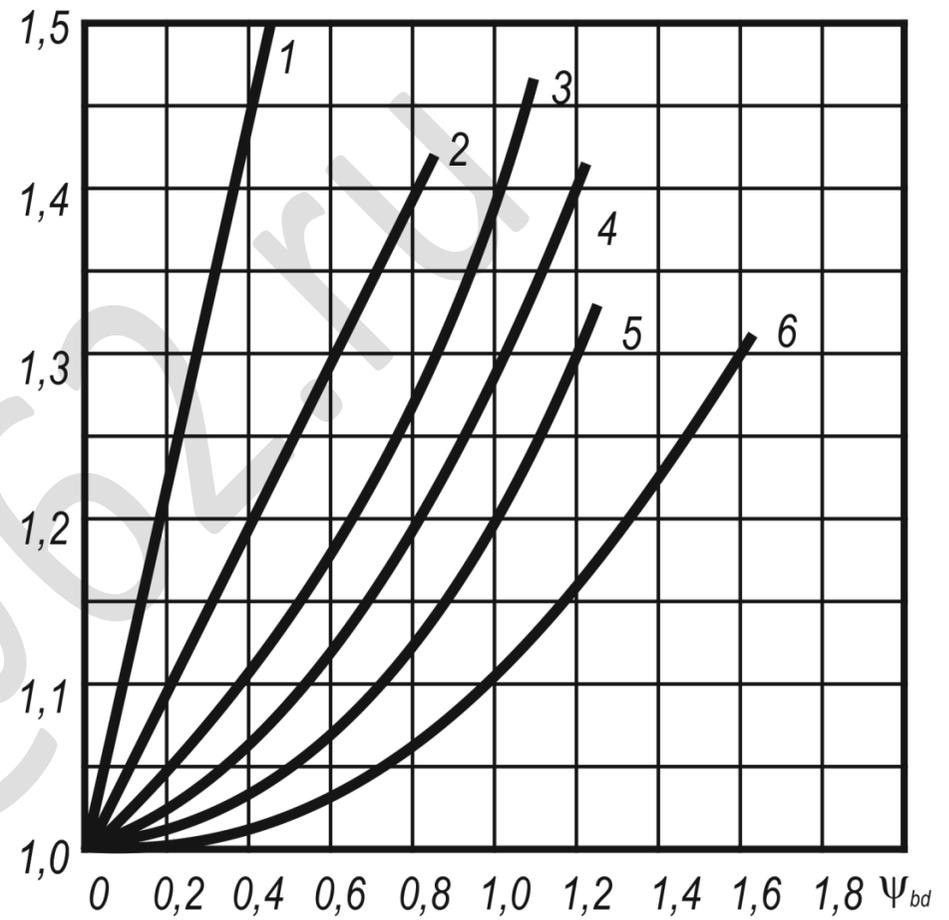


Рисунок 6.7 – Графики для определения коэффициента формы зуба Y_{FS} (по ГОСТ 21354–87)



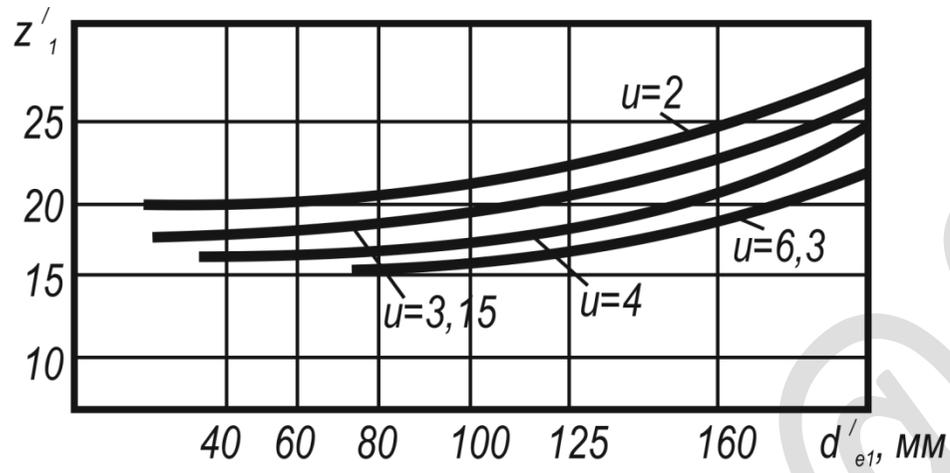
K_{FB} при $HB_1 \leq 350$ и $HB_2 \leq 350$



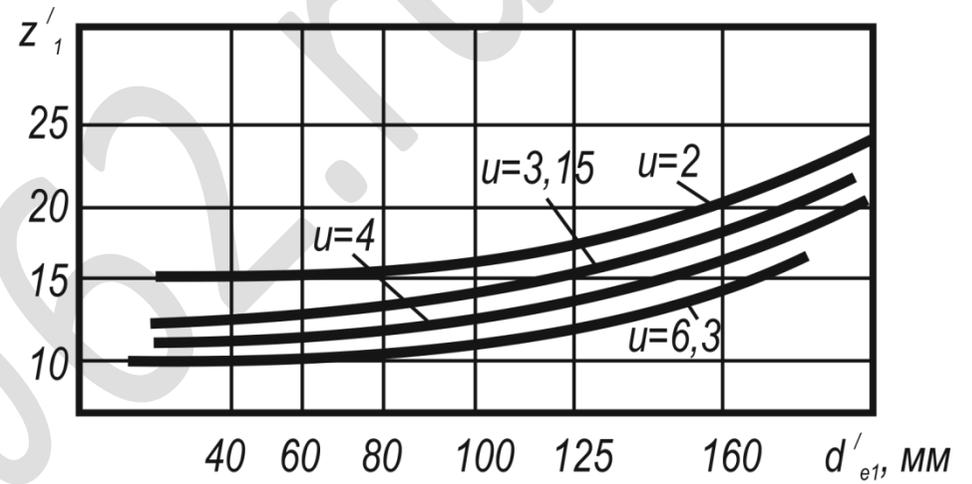
K_{FB} при $HB_1 > 350$ и $HB_2 > 350$

Кривые 1–6 соответствуют передачам, указанным на схемах рисунка 6.5.

Рисунок 6.8 – Графики для ориентировочного определения коэффициента K_{FB} (по ГОСТ 21354–87)

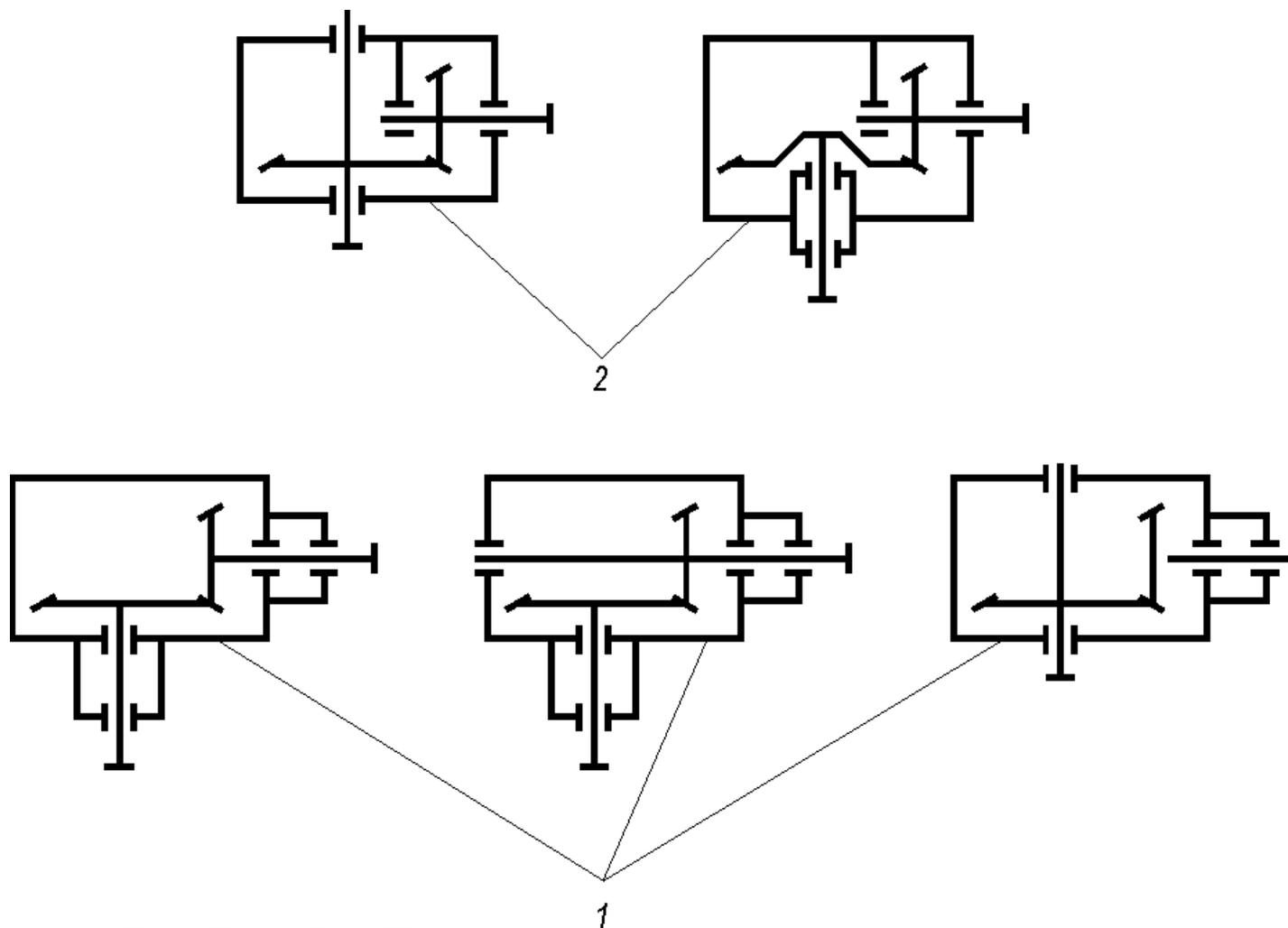


Для прямозубых колес



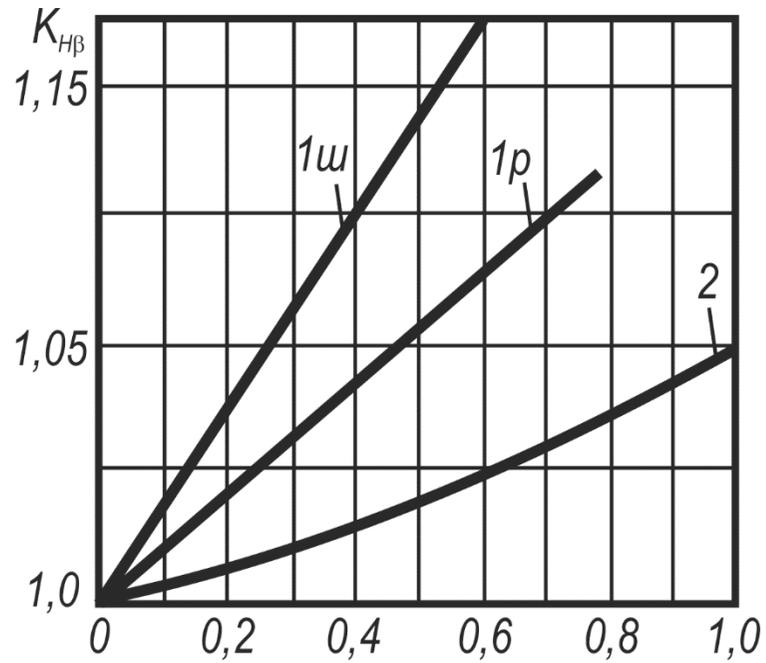
Для колес с криволинейным зубом

Рисунок 6.9 – Графики для определения предварительного числа зубьев шестерни z'_1 конических передач



1 – консольное расположение колес; 2 – двухпорное расположение колес

Рисунок 6.10 – Схемы конических редукторов

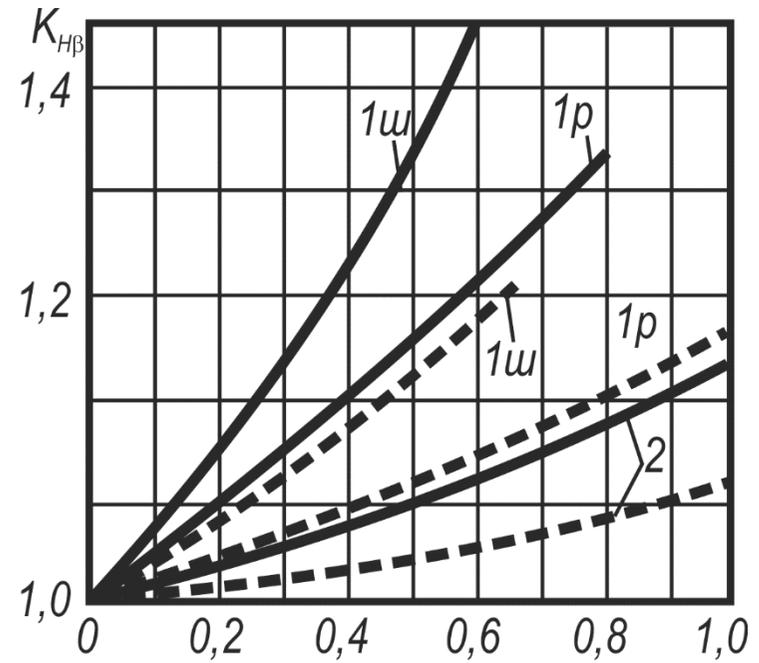


$$\frac{\psi_{bRe} U_{\phi}}{2 - \psi_{bRe}}$$

1ш – шариковые опоры

\overline{HB}_1 или $\overline{HB}_2 \leq 350 \text{ HB}$

(для передач с куговым зубом $K_{H\beta} = 1,0$)



$$\frac{\psi_{bRe} U_{\phi}}{2 - \psi_{bRe}}$$

1р – роликовые опоры

\overline{HB}_1 или $\overline{HB}_2 > 350 \text{ HB}$

----- – для передач с круговым зубом

Рисунок 6.11 – Графики для определения коэффициента $K_{H\beta}$ конических передач

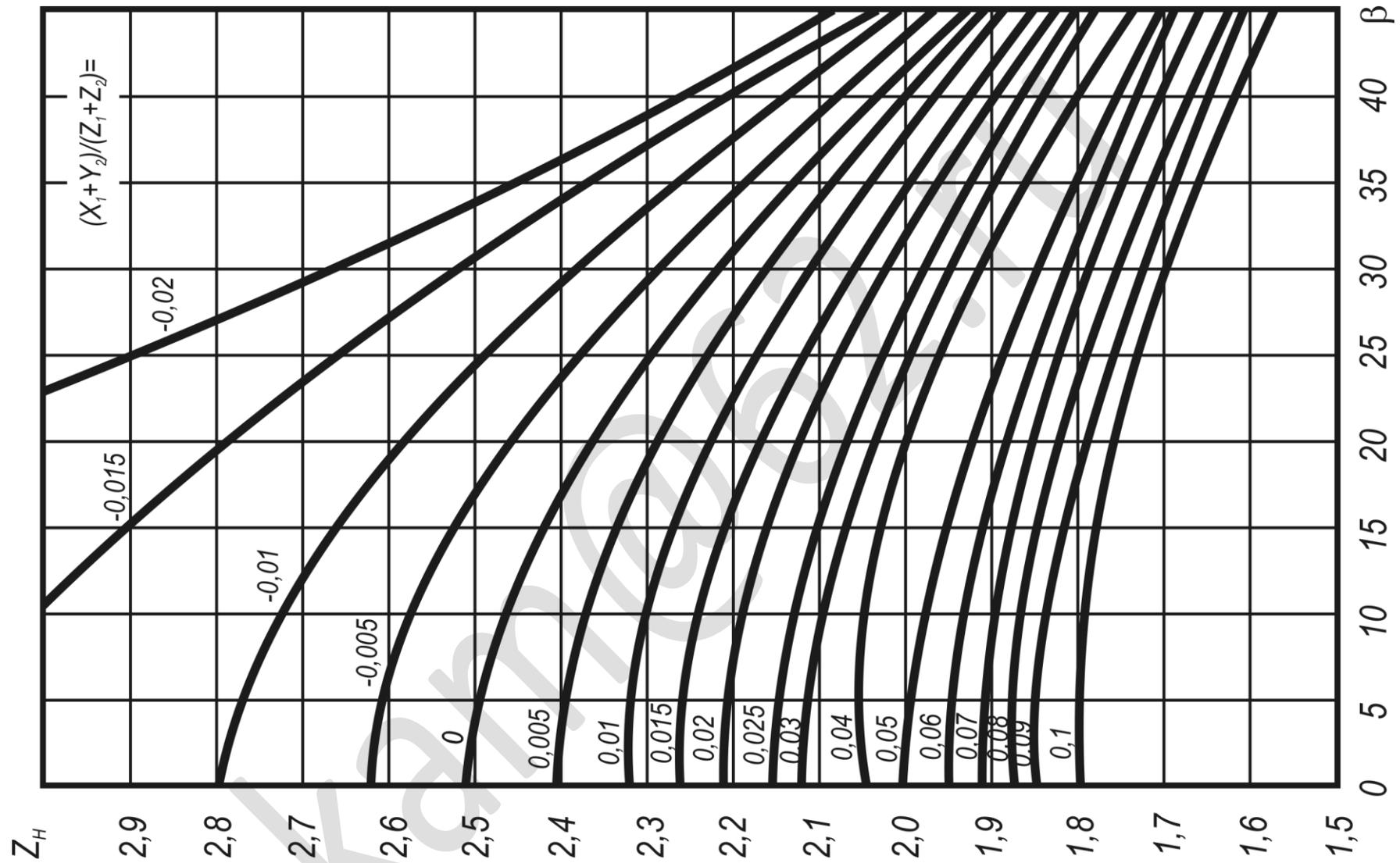


Рисунок 6.12 – Графики для определения коэффициента Z_H , учитывающего форму сопряженных поверхностей зубьев (по ГОСТ 21354–87)

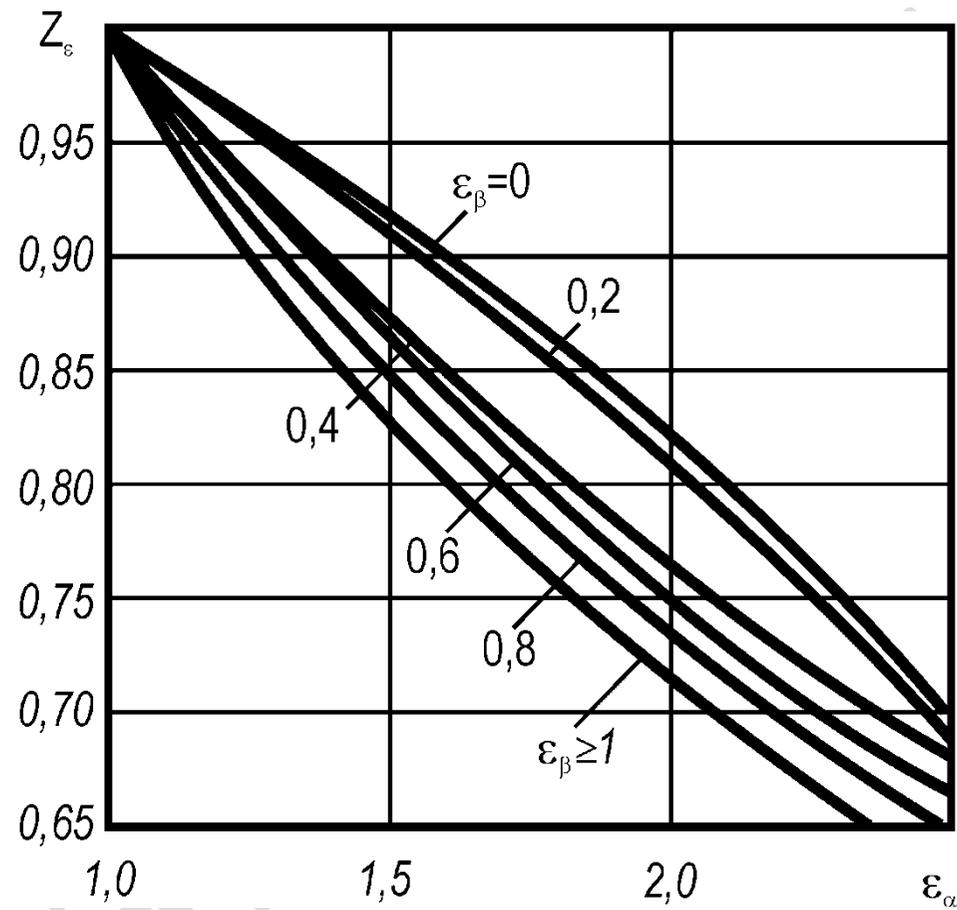


Рисунок 6.13 – Графики для определения коэффициента Z_ϵ , учитывающего перекрытие зубьев (по ГОСТ 21354–87)

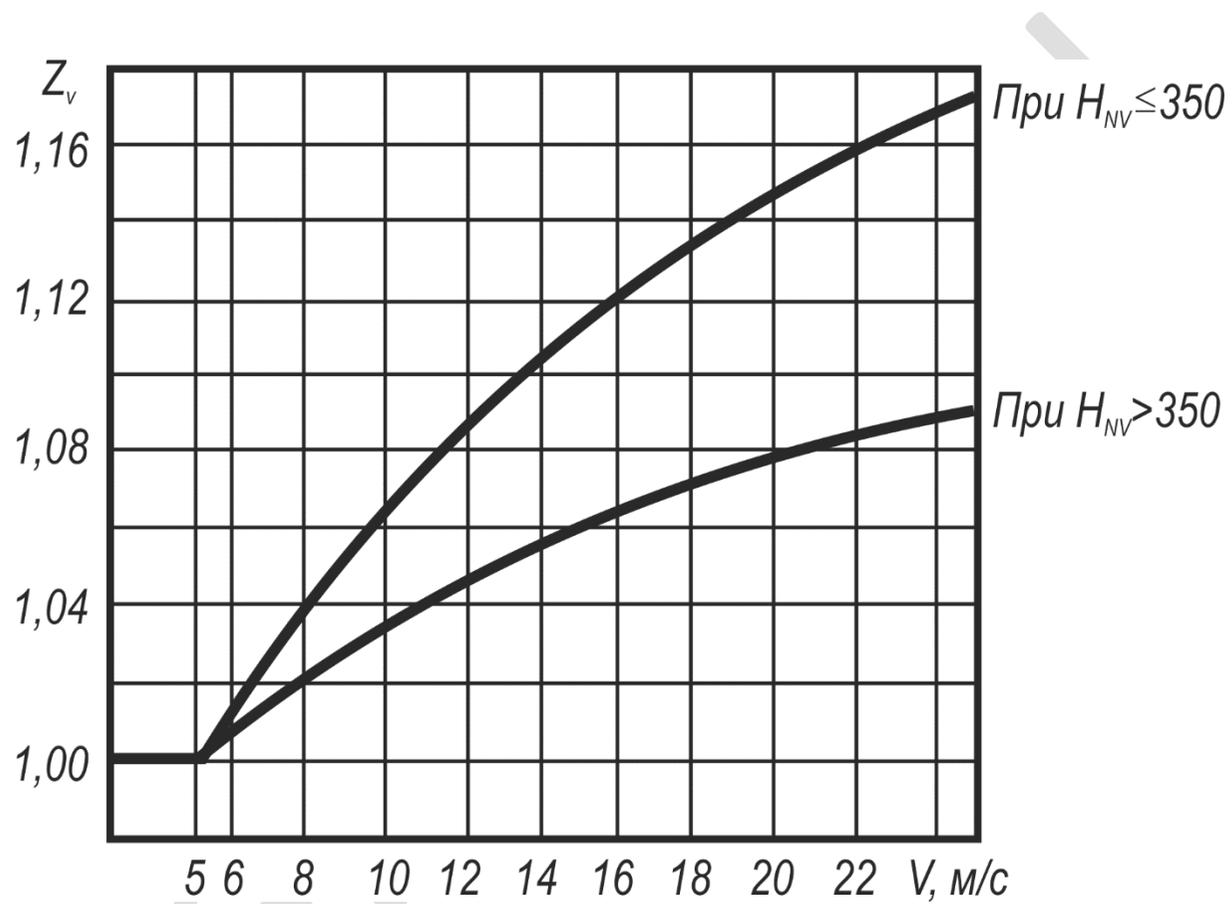


Рисунок 6.14 – Графики для определения коэффициента Z_v (по ГОСТ 21354–87)

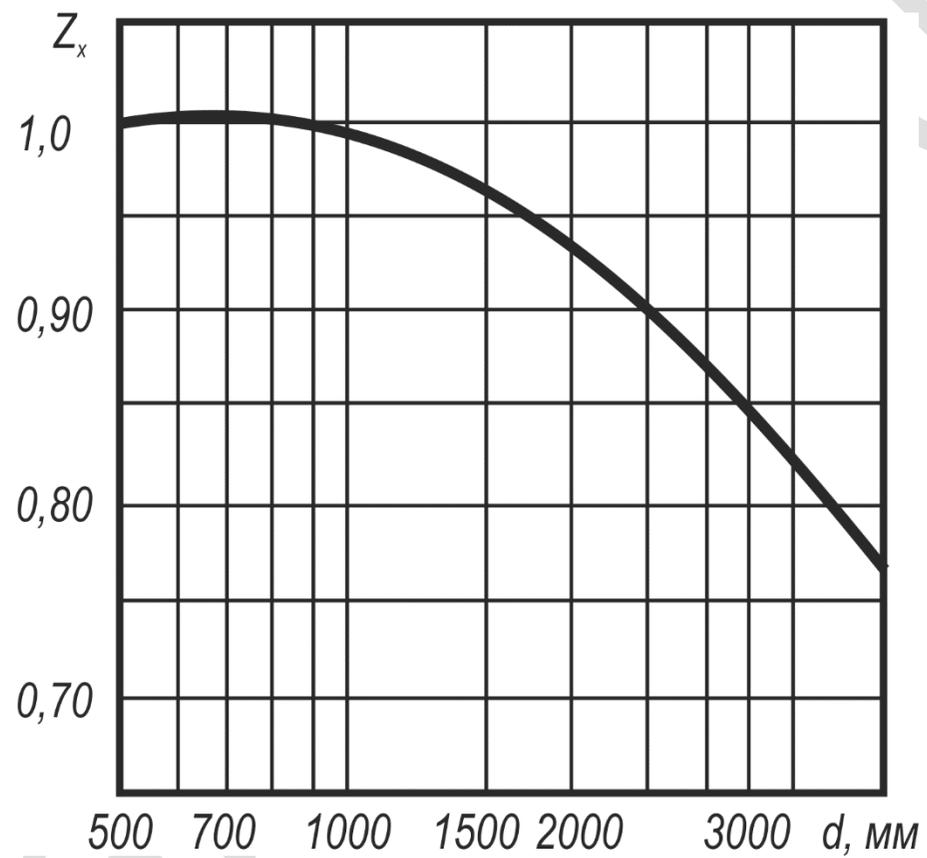


Рисунок 6.15 – График для определения коэффициента Z_x (по ГОСТ 21354–87)

7 ЧЕРВЯЧНЫЕ ПЕРЕДАЧИ

Таблица 7.1 – Материалы для червячных колес

Группа	Материал	Способ отливки	Механические характеристики, МПа		
			σ_b	σ_T	$\sigma_{ви}$
1 Оловянные бронзы	БрО10Н1Ф1 ($v'_s \leq 35$ м/с)	Ц	285	165	–
		К	275	200	
	З	230	140		
	БРО5Ц5С5 ($v'_s \leq 25$ м/с)	К	200	90	
З		145	80		
2 Безоловянные бронзы	БрА10Ж4Н4 ($v'_s \leq 5$ м/с)	Ц	700	460	–
		К	650	430	
	БрА9Ж3Л ($v'_s \leq 5$ м/с)	Ц	530	245	
		К	500	230	
3 Чугун	С418 ($v'_s \leq 2$ м/с)	З	–	–	355
		З	–	–	315

Примечания

1 Принятые обозначения: Ц – центробежная; К – в кокиль; З – в землю.

2 Срок службы заготовок, отлитых центробежным способом, наибольший по сравнению с литьем в землю и кокиль.

Таблица 7.2 – Материалы для червяков

Область применения	Стали	Твердость зубьев	Термическая обработка
1 Ответственные передачи	18ХГТ	HRC=56–63	Цементация и закалка (после закалки червяки шлифуют и полируют)
2 Передачи, работающие с большими перерывами и редко испытывающие максимальные нагрузки	40X, 35XM, 40 ХН	HRC=45–50	Закалка при нагреве ТВЧ
3 Передачи, обслуживающие вспомогательные эпизодические работающие механизмы	45, 40X	HRC<45	Улучшение

Таблица 7.3 – Значения коэффициента C_v , учитывающего интенсивность изнашивания зуба червячного колеса в зависимости от скорости скольжения

v_s , м/с	1	2	3	4	5	6	7	8
C_v	1,33	1,21	1,11	1,02	0,95	0,88	0,83	0,8

Таблица 7.4 – Число заходов червяка z_1 в зависимости от передаточного числа u

u	8–15	10–30	$\geq 31,5$
z_1	4	2	1

Таблица 7.5 – Стандартные значения модулей m и соответствующие им коэффициенты диаметра червяка q

m , мм	2,5; 3,15; 4; 5	6,3; 8; 10; 12,5	16
q	8; 10; 12,5; 16; 20	8; 10; 12,5; 14; 16; 20	8; 10; 12,5; 16

Таблица 7.6 – Значения коэффициента режима нагружения X

Режим нагружения	0	I	II	III	IV	V
X	1	0,77	0,5	0,5	0,42	0,31

Таблица 7.7 – Геометрические размеры червяка и колеса

Параметры	Обозначения и расчетные формулы
1 Диаметр делительный, мм:	
червяка	$d_1=qm$
колеса	$d_2=z_2m$
2 Начальный диаметр червяка, мм*	$d_{w1}=m(q+2x)$
3 Диаметр вершин витков, мм	$d_{a1}=d_1+2m$
4 Диаметр впадин витков, мм	$d_{f1}=d_1-2,4m$
5 Длина нарезанной части червяка, мм	b_1 – по таблице 7.8
6 Диаметр окружности вершин зубьев, мм	$d_{a2}=d_2+2(1+x)m$
7 Диаметр впадин зубьев, мм	$d_{f2}=d_2-2m(1,2-x)$
8 Диаметр колеса наибольший, мм	$d_{am2}=d_{a2}+6m/(z_1+2)$
9 Ширина венца колеса, мм	$b_2=\psi_a a_w$, где $\psi_a=0,355$ при $z_1=1$ и 2; $\psi_a=0,315$ при $z_1=4$
10 Угол обхвата червяка колесом, 2δ	$\sin\delta=b_2/(d_{a1}-0,5m)$
Примечание – * при $X=0$ $d_{w1}=d_1$	

Таблица 7.8 – Длина нарезанной части червяка b_1

Коэффициент смещения X	Расчетные формулы при числе заходов z_1	
	1 и 2	4
-1,0	$b_1 \geq (10,5 + 0,06z_2)m$	$b_1 \geq (10,5 + 0,09z_2)m$
-0,5	$b_1 \geq (8 + 0,06z_2)m$	$b_1 \geq (9,5 + 0,09z_2)m$
0	$b_1 \geq (11 + 0,06z_2)m$	$b_1 \geq (12,5 + 0,09z_2)m$
0,5	$b_1 \geq (11 + 0,1z_2)m$	$b_1 \geq (12,5 + 0,1z_2)m$
1,0	$b_1 \geq (12 + 0,1z_2)m$	$b_1 \geq (13 + 0,1z_2)m$

Примечания
1 При промежуточном значении коэффициента x длину b_1 вычисляют по ближайшему значению x , которое дает большее значение b_1 .
2 Для фрезеруемых и шлифуемых червяков полученную расчетом длину увеличивают: при $m=10-16$ мм – на 35–40 мм; при $m < 10$ мм – на 25 мм.

Таблица 7.9 – Значения приведенного угла трения ρ'

$v_{сф},$ м/с	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3	4	7	10	15
ρ' для оловянных бронз	3 ⁰ 10	2 ⁰ 30	2 ⁰ 20	2 ⁰ 00	1 ⁰ 40	1 ⁰ 30	1 ⁰ 20	1 ⁰ 00	0 ⁰ 55	0 ⁰ 50
ρ' для безоловянных бронз и чугунов	3 ⁰ 40	3 ⁰ 10	2 ⁰ 50	2 ⁰ 30	2 ⁰ 20	2 ⁰ 00	1 ⁰ 40	1 ⁰ 30	1 ⁰ 20	1 ⁰ 10

Таблица 7.10 – Степень точности червячной передачи

Степень точности, не ниже	Скорость скольжения $v_{сф}$, м/с	Обработка червяка	Примечание
7	≤ 10	Червяк закален, шлифован или полирован	Передача с повышенными скоростями и малым шумом, с повышенными требованиями к габаритам
8	≤ 5	Допускается червяк с $HV \leq 350$, нешлифованный	Передачи среднескоростные со средними требованиями к шуму, габаритам и точности
9	≤ 2	Червяк с $HV < 350$, не шлифуется	Передачи низкоскоростные, кратковременно работающие и ручные с пониженными требованиями
Примечание – Для червячных редукторов общего назначения применяют, в основном, 7-ю и 8-ю степени точности.			

Таблица 7.11 – Значения коэффициента деформации червяка θ

z_1	Коэффициент диаметра червяка q					
	8	10	12,5	14	16	20
1	72	108	154	176	225	248
2	57	86	121	140	171	197
4	47	70	98	122	137	157

Таблица 7.12 – Значения коэффициента формы зуба Y_{FS} червячных колес

Z_v	30	32	35	37	40	45	50	60	80	100	150
Y_f	1,76	1,71	1,64	1,61	1,55	1,48	1,45	1,40	1,34	1,30	1,27

Таблица 7.13 – Приближенные значения площади корпуса A червячного редуктора в зависимости от межосевого расстояния a_w

a_w , мм	80	100	125	140	160	180	200	225	250	280
A , м ²	0,19	0,24	0,36	0,43	0,54	0,67	0,8	1,0	1,2	1,4

Таблица 7.14 – Значения коэффициента теплопередачи $K_{ТВ}$ при обдуве вентилятором

Угловая скорость вала вентилятора (вала червяка), с ⁻¹	75	100	150	300
$K_{ТВ}$, Вт/(м ² ·с)	17	21	29	40

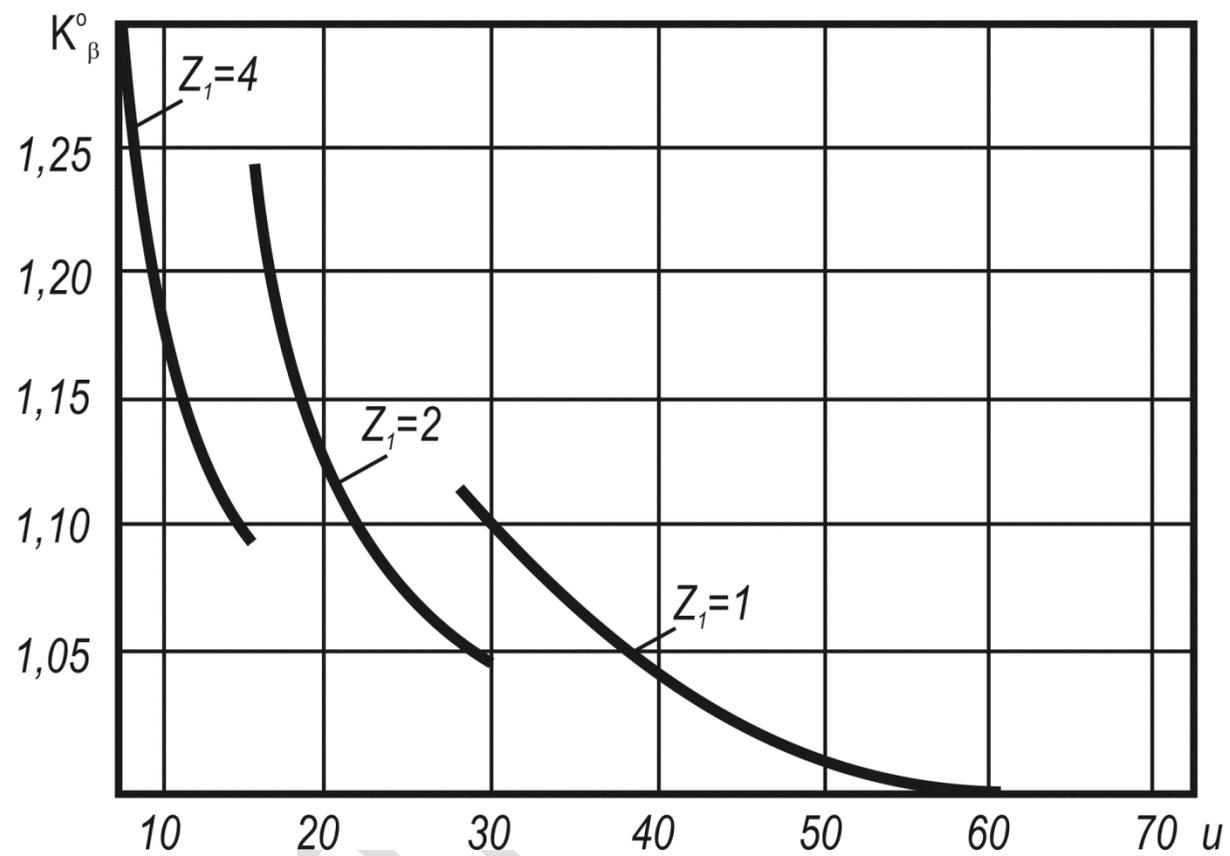
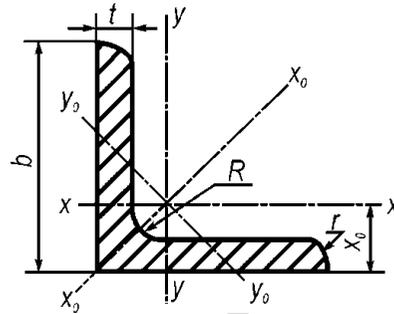


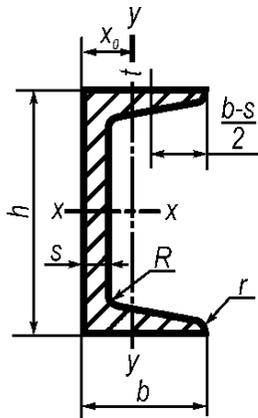
Рисунок 7.1 – Графики для определения начального коэффициента концентрации K_{β}^0

8 СОРТАМЕНТ ПРОКАТНОЙ СТАЛИ



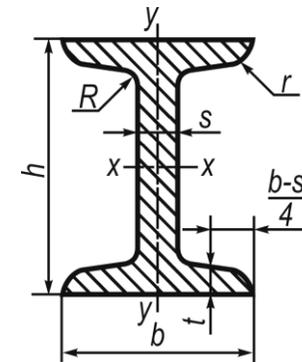
b – ширина полки; t – толщина полки; R – радиус внутреннего закругления; r – радиус закругления полки; x_0 – расстояние от центра тяжести

Рисунок 8.1 – Уголки стальные



h – высота; b – ширина полки; s – толщина стенки; t – толщина полки; R – радиус внутреннего закругления; r – радиус закругления полки; x_0 – расстояние от оси y - y до наружной грани стенки

Рисунок 8.2 – Швеллеры стальные



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

Рисунок 8.3 – Двутавры стальные

Таблица 8.1 – Уголки стальные горячекатаные равнополочные (по ГОСТ 8509–93)

Номер уголка	b	t	R	r	$F, \text{ см}^2$	Масса 1 м, кг	Справочные величины для осей							
							x-x		x_0-x_0		y_0-y_0		$I_{xy},$ см^4	$x_0,$ см
							$I_x,$ см^4	$i_x,$ см	$I_{x_0} \text{ max},$ см^4	$i_{y_0} \text{ max},$ см	$I_{y_0} \text{ min},$ см^4	$i_{y_0} \text{ min},$ см		
2	20	3	3,5	1,2	1,13	0,89	0,40	0,59	0,63	0,75	0,17	0,39	0,23	0,60
		4			1,46	1,15	0,50	0,58	0,78	0,73	0,22	0,38	0,28	0,64
2,5	25	3	3,5	1,2	1,43	1,12	0,81	0,75	1,29	0,95	0,34	0,49	0,47	0,73
		4			1,86	1,46	1,03	0,74	1,62	0,93	0,44	0,48	0,59	0,76
2,8	28	3	4,0	1,3	1,62	1,27	1,16	0,85	1,84	1,07	0,48	0,55	0,68	0,80
3	30	3	4,0	1,3	1,74	1,36	1,45	0,91	2,30	1,15	0,60	0,59	0,85	0,85
		4			2,27	1,78	1,84	0,90	2,92	1,13	0,77	0,58	1,08	0,89
3,2	32	3	4,5	1,5	1,86	1,46	1,77	0,97	2,80	1,23	0,74	0,63	1,03	0,59
		4			2,43	1,91	2,26	0,96	3,58	1,21	0,94	0,62	1,32	0,94
3,5	35	3	4,5	1,5	2,04	1,60	2,35	1,07	3,72	1,35	0,97	0,69	1,37	0,97
		4			2,67	2,10	3,01	1,06	4,76	1,33	1,25	0,68	1,75	1,01
		5			3,28	2,58	3,61	1,05	5,71	1,32	1,52	0,68	2,10	1,05
4	40	3	5,0	1,7	2,35	1,85	3,55	1,23	5,63	1,55	1,47	0,79	2,08	1,09
		4			3,08	2,42	4,58	1,22	7,26	1,53	1,90	0,78	2,68	1,13
		5			3,79	2,98	5,53	1,21	8,75	1,52	2,30	0,78	3,22	1,17
4,5	45	3	5	1,7	2,65	2,08	5,13	1,39	8,13	1,75	2,12	0,89	1,37	1,21
		4			3,48	2,73	6,63	1,38	10,5	1,74	2,74	0,89	1,75	1,26
		5			4,29	3,37	8,03	1,37	12,7	1,72	3,33	0,88	2,10	1,30
5	50	3	5,5	1,8	2,96	2,32	7,11	1,55	11,27	1,95	2,95	1,00	4,16	1,33
		4			3,89	3,05	9,21	1,54	14,63	1,94	3,80	0,99	5,42	1,38
		5			4,80	3,77	11,20	1,53	17,77	1,92	4,63	0,98	6,57	1,42
		6			5,69	4,47	13,07	1,52	20,72	1,91	5,43	0,98	7,65	1,46

Продолжение таблицы 8.1

Номер уголка	b	t	R	r	$F, \text{ см}^2$	Масса 1 м, кг	Справочные величины для осей							
							x-x		x_0-x_0		y_0-y_0		$I_{xy},$ см^4	$x_0,$ см
							$I_x,$ см^4	$i_x,$ см	$I_{x_0} \text{ max},$ см^4	$i_{y_0} \text{ max},$ см	$I_{y_0} \text{ min},$ см^4	$i_{y_0} \text{ min},$ см		
5,6	56	4	6,0	2,0	4,38	3,44	13,10	1,73	20,79	2,18	5,41	1,11	7,69	1,52
		5			5,41	4,25	15,97	1,72	25,36	2,16	6,59	1,10	9,41	1,57
6,3	63	4	7,0	2,3	4,96	3,90	18,9	1,95	29,9	2,45	7,81	1,25	11,00	1,69
		5			6,13	4,81	23,1	1,94	36,6	2,44	9,52	1,25	13,70	1,74
		6			7,28	5,72	27,1	1,93	42,9	2,43	11,2	1,24	15,90	1,78
7	70	4,5	8	2,7	6,20	4,87	29,04	2,16	46,03	2,72	12,04	1,39	17,00	1,88
		5			6,86	5,38	31,94	2,16	50,67	2,72	13,22	1,39	18,70	1,90
		6			8,15	6,39	37,58	2,15	59,64	2,71	15,52	1,38	22,10	1,94
		7			9,42	7,39	42,98	2,14	68,19	2,69	17,77	1,37	25,20	1,99
		8			10,67	8,37	48,16	2,12	76,35	2,68	19,97	1,37	28,20	2,02
7,5	75	5	9,0	3,0	7,39	5,80	39,5	2,31	62,6	2,91	16,4	1,49	23,10	2,02
		6			8,78	6,89	46,6	2,30	73,9	2,90	19,3	1,48	27,30	2,06
		7			10,1	7,96	53,3	2,29	84,6	2,98	24,8	1,47	31,20	2,10
		8			11,5	9,02	59,8	2,28	94,9	2,87	27,5	1,46	35,00	2,15
		9			12,8	10,1	66,1	2,27	105	2,86	27,5	1,46	38,60	2,18
8	80	5,5	9,0	3,0	8,63	6,78	52,7	2,47	83,6	3,1	21,8	1,59	30,90	2,17
		6			9,38	7,36	57,0	2,47	90,4	3,11	23,5	1,58	33,40	2,19
		7			10,8	8,51	65,3	2,45	104	3,09	27,0	1,58	38,30	2,23
		8			12,3	9,65	73,4	2,44	116	3,08	30,3	1,57	43,00	2,27

Продолжение таблицы 8.1

Номер уголка	b	t	R	r	$F, \text{см}^2$	Масса 1 м, кг	Справочные величины для осей							
							x-x		x_0-x_0		y_0-y_0		$I_{xy}, \text{см}^4$	$x_0, \text{см}$
							$I_x, \text{см}^4$	$i_x, \text{см}$	$I_{x_0} \text{max}, \text{см}^4$	$i_{y_0} \text{max}, \text{см}$	$I_{y_0} \text{min}, \text{см}^4$	$i_{y_0} \text{min}, \text{см}$		
9	90	6	10,0	3,3	10,6	8,33	82,1	2,78	130	3,50	34,0	1,79	48,10	2,43
		7			12,3	9,64	94,3	2,77	150	3,49	38,9	1,78	55,40	2,47
		8			13,9	10,9	106	2,76	168	3,48	43,8	1,77	62,30	2,51
		9			15,6	12,2	118	2,75	186	3,46	48,6	1,77	68,00	2,55
10	100	6,5	12,0	4,0	12,8	10,1	122	3,09	193	3,88	50,7	1,99	71,40	2,68
		7			13,8	10,8	131	3,08	207	3,88	54,2	1,98	76,40	2,71
		8			16,6	12,2	147	3,07	233	3,87	69,9	1,98	86,30	2,75
		10			19,2	15,1	179	3,05	284	3,84	74,1	1,96	110,00	2,83
		12			22,8	17,9	209	3,03	331	3,81	86,9	1,95	122,00	2,91
		14			26,3	20,6	237	3,00	375	3,78	99,3	1,94	138,00	2,99
		16			29,7	23,3	264	2,98	416	3,74	112	1,94	152,00	3,06
12,5	125	8	14,0	4,6	19,7	15,5	294	3,87	467	4,87	122	2,49	172,00	3,36
		9			22,0	17,3	327	3,86	520	4,86	135	2,48	192,00	3,40
		10			24,3	19,1	360	3,85	571	4,84	149	2,47	211,00	3,45
		12			28,9	22,7	422	3,82	670	4,82	174	2,46	248,00	3,53
		14			33,4	26,2	482	3,80	764	4,78	200	2,45	282,00	3,61
		16			37,8	19,6	539	3,78	853	4,75	224	2,44	315,00	3,68
14	140	9	14,0	4,6	24,7	19,4	466	4,34	739	5,47	192	2,97	274,00	3,78
		10			27,3	21,5	512	4,33	814	5,46	211	2,78	301,00	3,82
		12			32,5	25,5	602	4,31	957	5,43	248	2,76	354,00	3,90

Продолжение таблицы 8.1

Номер уголка	b	t	R	r	$F, \text{ см}^2$	Масса 1 м, кг	Справочные величины для осей							
							x-x		x_0-x_0		y_0-y_0		$I_{xy}, \text{ см}^4$	$x_0, \text{ см}$
							$I_x, \text{ см}^4$	$i_x, \text{ см}$	$I_{x_0} \text{ max}, \text{ см}^4$	$i_{y_0} \text{ max}, \text{ см}$	$I_{y_0} \text{ min}, \text{ см}^4$	$i_{y_0} \text{ min}, \text{ см}$		
16	160	10	16,0	5,3	31,4	24,7	744	4,96	1229	6,25	319	3,19	455,00	4,30
		11			34,4	27,0	844	4,95	1341	6,24	348	3,18	496,00	4,35
		12			37,4	29,4	913	4,94	1450	6,23	376	3,17	537,00	4,39
		14			43,3	34,0	1046	4,92	1662	6,20	431	3,16	615,00	4,47
		16			49,1	38,5	1175	4,89	1866	6,17	485	3,14	690,00	4,55
		18			54,8	43,0	1299	4,87	2061	6,13	537	3,13	771,00	4,63
		20			60,4	47,4	1419	4,85	2248	6,10	589	3,12	830,00	4,70
18	180	11	16,0	5,3	38,8	30,5	1216	5,60	1933	7,06	500	3,59	716,00	4,85
		12			42,2	33,1	1317	5,59	2093	7,04	540	3,58	776,00	4,89

Таблица 8.2 – Швеллеры стальные горячекатаные (по ГОСТ 8240–97)

Номер швеллера серии У	h, мм	b, мм	s, мм	t, мм	R, мм	r, мм	F, см ²	Масса 1 м, кг	Справочные величины для осей							x ₀ , см
									x-x				y-y			
									I _x , см ⁴	W _x , см ³	i _x , см	S _x , см ⁴	I _y , см ⁴	W _y , см ³	I _y , см	
5У	50	32	4,4	7,0	6	2,5	6,16	4,84	22,8	9,1	1,92	5,59	5,61	2,75	0,95	1,16
6,5У	65	36	4,4	7,2	6	2,5	7,51	5,90	48,6	15,0	2,54	9,00	8,70	3,68	1,08	1,24
8У	80	40	4,5	7,4	6,5	2,5	8,98	7,05	89,4	22,4	3,16	13,3	12,8	4,75	1,19	1,31
10У	100	46	4,5	7,6	7	3	10,9	8,59	174	34,8	3,99	20,4	20,4	6,46	1,37	1,44
12У	120	52	4,8	7,8	7,5	3	13,3	10,40	304	50,6	4,78	29,6	31,2	8,52	1,53	1,54
14У	140	58	4,9	9,1	8	3	15,6	12,30	491	70,2	5,60	40,8	45,4	11,0	1,70	1,67
16У	160	64	5,0	8,4	8,5	3,5	18,1	14,20	747	93,4	6,42	54,1	63,3	13,8	1,87	1,80
16аУ	160	68	5,0	9,0	8,5	3,5	19,5	15,30	823	103	6,49	59,4	78,8	16,4	2,01	2,00
18У	180	70	5,1	8,7	9	3,5	20,7	16,30	1090	121	7,24	69,8	86,0	17,0	2,04	1,94
18аУ	180	74	5,1	9,3	9	3,5	22,2	17,40	1190	132	7,32	76,1	105	20,0	2,18	2,13
20У	200	76	5,2	9,0	9,5	4,0	23,4	18,40	1520	152	8,07	87,8	113	28,5	2,20	2,07
22У	220	82	5,4	9,5	10	4,0	26,7	21,00	2110	192	8,89	110	151	25,1	2,37	2,21
24У	240	90	5,6	10,0	10,5	4,0	30,6	24,00	2900	242	9,73	139	208	31,6	2,60	2,42
27У	270	95	6,0	10,5	11,0	4,5	35,2	27,70	4160	308	10,9	178	262	37,3	2,73	2,47
30У	300	100	6,5	11,0	12,0	5,0	40,5	31,80	5810	387	12,0	224	327	43,6	2,84	2,52
33У	330	105	7,0	11,7	13,0	5,0	46,5	36,50	7980	484	13,1	281	410	51,8	2,97	2,59
36У	360	110	7,5	12,6	14,0	6,0	53,4	41,90	10820	601	14,2	350	513	61,7	3,10	2,68
40У	400	115	8,0	13,5	15,0	6,0	61,5	48,30	15220	761	15,7	444	642	73,4	3,23	2,75

Таблица 8.3 – Двутавры стальные горячекатаные (по ГОСТ 8239–89)

Номер двутавра	h , мм	b , мм	s , мм	t , мм	R , мм	r , мм	Площадь поперечного сечения, см ²	Масса 1 м, кг	Справочные величины для осей						
									x–x				y–y		
									I_x , см ⁴	W_x , см ³	i_x , см	S_x , см ⁴	I_y , см ⁴	W_y , см ³	i_y , см
10	100	55	4,5	7,2	7,0	2,5	12,0	9,46	198	39,7	4,06	23,0	17,9	6,49	1,22
12	120	64	4,8	7,3	7,5	3,0	14,7	11,5	350	58,4	4,88	33,7	27,9	8,72	1,38
14	140	73	4,9	7,5	8,0	3,0	17,4	13,7	572	81,7	5,73	46,8	41,9	11,5	1,55
16	160	81	5,0	7,8	8,5	3,5	20,2	15,9	873	109	6,57	62,3	58,6	14,5	1,70
18	180	90	5,1	8,1	9,0	3,5	23,3	18,4	1290	143	7,42	81,4	82,6	18,4	1,68
20	200	100	5,2	8,4	9,5	4,0	26,8	21,0	1840	134	8,28	104	115	23,1	2,07
22	220	110	5,4	8,7	10,0	4,0	30,6	24,0	2550	232	9,13	131	157	28,6	2,27
24	240	115	5,6	9,5	10,5	4,0	34,8	27,3	3460	289	9,97	163	198	34,5	2,37
27	270	125	6,0	9,8	11,0	4,5	40,2	31,5	5010	371	11,2	210	260	41,5	2,54
30	300	135	6,5	10,2	12,0	5,0	46,5	36,5	7080	472	12,3	268	3,37	49,9	2,69
33	330	140	7,0	11,2	13,0	5,0	53,8	42,2	9040	597	13,5	339	4,19	59,9	2,79
36	360	145	7,5	12,3	14,0	6,0	61,9	48,6	13380	743	14,7	423	516	71,1	2,89
40	400	155	8,0	13,0	15,0	6,0	71,4	56,1	18930	947	16,3	540	666	85,9	3,05
45	450	160	8,6	14,2	16,0	7,0	83,0	65,2	27450	1220	18,2	699	807	101	3,12
50	500	170	9,5	15,2	17,0	7,0	97,8	76,8	39290	1570	20,0	905	1040	122	3,26
55	550	180	10,3	16,4	18,0	7,0	114	89,8	55150	2000	22,0	1150	1350	150	3,44
60	600	190	11,1	17,8	20,0	8,0	132	104	75450	2510	23,9	1450	1720	181	3,60

9 ШПОНОЧНЫЕ И ЗУБЧАТЫЕ СОЕДИНЕНИЯ. СОЕДИНЕНИЯ НАТЯГОМ

Таблица 9.1 – Допускаемые напряжения на смятие $[\delta]_{см}$ для шпоночных соединений, МПа

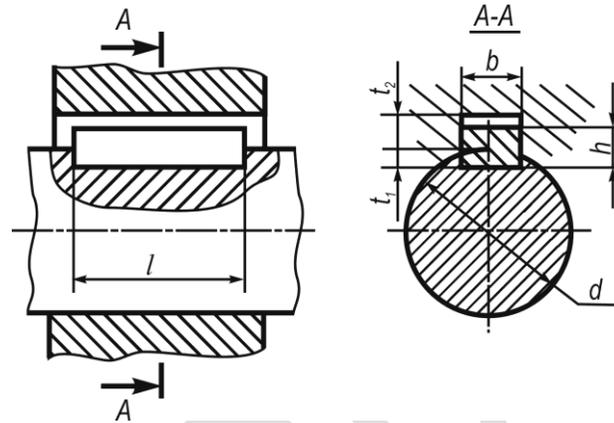
Соединение	Материал ступицы	Характер нагрузки	
		постоянная	переменная
Неподвижное	Сталь	150	100
	Чугун	90	60
Подвижное	Сталь	50	30

Примечание – Значения допускаемых напряжений снижают при работе со слабыми толчками на 1/3, а при ударной нагрузке – на 2/3.

Таблица 9.2 – Допускаемые напряжения на смятие $[\delta]_{см}$ для шлицевых соединений, МПа

Вид соединения	Условия эксплуатации	Поверхность шлицев	
		без термообработки	с термообработкой
Неподвижное	легкие	80–120	120–200
	средние	60–100	100–140
	тяжелые (с ударами)	35–50	40–70
Подвижные не под нагрузкой	легкие	25–40	40–70
	средние	20–30	30–60
	тяжелые (с ударами)	15–20	20–35
Подвижные под нагрузкой	легкие	–	10–20
	средние	–	5–15
	тяжелые (с ударами)	–	3–10

Таблица 9.3 – Размеры шпонок призматических, мм (по ГОСТ 23360–78)



Диаметр вала, d	Сечение шпонки		Глубина паза		Длина шпонки, l
	ширина b	высота h	вала t_1	ступицы t_2	
Св. 12 до 17	5	5	3	2,3	10–56
Св. 17 до 22	6	6	3,5	2,8	14–70
Св. 22 до 30	8	7	4	3,3	18–90
Св. 30 до 38	10	8	5	3,3	22–110
Св. 38 до 44	12	8	5	3,3	28–140
Св. 44 до 50	14	9	5,5	3,8	36–160
Св. 50 до 58	16	10	6	4,3	45–180
Св. 58 до 65	18	11	7	4,4	50–200
Св. 65 до 75	20	12	7,5	4,9	56–220
Св. 75 до 85	22	14	9	5,4	63–250
Св. 85 до 95	25	14	9	5,4	70–280

Примечание – Длины призматических шпонок l выбирают из следующего ряда: 10; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 63; 70; 80; 90; 100; 110; 125; 140; 160; 180; 200; 220; 250 (мм).

Таблица 9.4 – Значения коэффициента запаса сцепления K в соединении с натягом

Вид соединения	K
Для колес выходных валов редукторов, на концах которых установлены:	
муфта соединительная	3
звездочка цепной передачи	3,5
шкив ременной передачи	4
Для колес промежуточных валов редукторов	4,5

Таблица 9.5 – Значения коэффициента трения f в соединении с натягом

Материалы	При сборке	
	прессованием	нагревом
Сталь – чугун	0,08	0,14
Сталь – сталь	0,08	0,14
Сталь – бронза, латунь	0,05	0,07
Чугун – бронза, латунь	0,05	0,07

Таблица 9.6 – Значения модуля упругости E и коэффициента Пуассона μ материалов вала и втулки

Материал	E , Па	Материал	μ
Сталь	$2,1 \cdot 10^{11}$	Сталь	0,3
Чугун	$0,9 \cdot 10^{11}$	Чугун	0,25
Оловянная бронза	$0,8 \cdot 10^{11}$	Бронза	0,35
Безоловянная бронза и латунь	$1 \cdot 10^{11}$	Латунь	0,35

Таблица 9.7 – Значения R_a для посадочных поверхностей отверстий и валов

Интервалы размеров, мм	Отверстие			Вал		
	Квалитет					
	6,7	8	9	6,7	8	9
	R_a , мкм					
Св. 18 до 50	0,8	1,6	3,2	0,8		1,6
Св. 50 до 120	1,6		3,2	0,8	1,6	
Св. 120 до 500	1,6	3,2		1,6	3,2	

Таблица 9.8 – Значения натягов N_{min}/N_{max} для стандартных посадок, мкм

Интервалы диаметров	$\overline{H7}$ p_6	$\overline{H7}$ r_6	$\overline{H8}$ S_7	$\overline{H7}$ S_6	$\overline{H7}$ S_7	$\overline{H7}$ t_6	$\overline{H8}$ U_8	$\overline{H7}$ U_7	$\overline{H8}$ X_8	$\overline{H8}$ Z_8	$\overline{H8}$ Z_{a8}
Св. 30 до 40	$\frac{7}{36}$	$\frac{15}{44}$	$\frac{13}{59}$	$\frac{24}{53}$	$\frac{25}{61}$	$\frac{29}{58}$	$\frac{32}{88}$	$\frac{42}{78}$	$\frac{52}{108}$	$\frac{84}{140}$	$\frac{120}{175}$
«40» 50	$\frac{7}{36}$	$\frac{15}{44}$	$\frac{13}{59}$	$\frac{24}{53}$	$\frac{25}{61}$	$\frac{35}{64}$	$\frac{42}{98}$	$\frac{52}{88}$	$\frac{69}{125}$	$\frac{108}{164}$	$\frac{152}{207}$
«50» 65	$\frac{9}{44}$	$\frac{18}{53}$	$\frac{18}{72}$	$\frac{30}{65}$	$\frac{32}{74}$	$\frac{43}{78}$	$\frac{55}{119}$	$\frac{66}{108}$	$\frac{90}{154}$	$\frac{140}{204}$	$\frac{193}{258}$
«65» 80	$\frac{9}{44}$	$\frac{20}{55}$	$\frac{24}{78}$	$\frac{36}{71}$	$\frac{38}{80}$	$\frac{52}{87}$	$\frac{70}{134}$	$\frac{81}{123}$	$\frac{114}{178}$	$\frac{178}{242}$	$\frac{241}{306}$
«80» 100	$\frac{10}{51}$	$\frac{24}{65}$	$\frac{29}{93}$	$\frac{44}{85}$	$\frac{46}{96}$	$\frac{64}{105}$	$\frac{86}{162}$	$\frac{99}{149}$	$\frac{140}{216}$	$\frac{220}{296}$	$\frac{297}{373}$
«100» 120	$\frac{10}{51}$	$\frac{27}{68}$	$\frac{37}{101}$	$\frac{52}{93}$	$\frac{54}{104}$	$\frac{77}{118}$	$\frac{106}{182}$	$\frac{119}{169}$	$\frac{172}{248}$	$\frac{272}{348}$	$\frac{362}{438}$
«120» 140	$\frac{12}{59}$	$\frac{32}{79}$	$\frac{43}{117}$	$\frac{61}{108}$	$\frac{64}{120}$	$\frac{91}{138}$	$\frac{126}{214}$	$\frac{142}{193}$	$\frac{204}{292}$	$\frac{320}{410}$	$\frac{425}{514}$
«140» 160	$\frac{12}{59}$	$\frac{34}{81}$	$\frac{51}{125}$	$\frac{69}{116}$	$\frac{72}{128}$	$\frac{103}{150}$	$\frac{155}{243}$	$\frac{171}{227}$	$\frac{236}{324}$	$\frac{370}{460}$	$\frac{490}{579}$
«160» 180	$\frac{12}{59}$	$\frac{37}{84}$	$\frac{59}{133}$	$\frac{77}{124}$	$\frac{80}{136}$	$\frac{115}{162}$	$\frac{166}{254}$	$\frac{182}{238}$	$\frac{266}{354}$	$\frac{420}{510}$	$\frac{555}{644}$
«180» 200	$\frac{14}{69}$	$\frac{41}{95}$	$\frac{66}{152}$	$\frac{86}{140}$	$\frac{89}{155}$	$\frac{130}{184}$	$\frac{185}{287}$	$\frac{203}{269}$	$\frac{299}{401}$	$\frac{469}{571}$	$\frac{619}{721}$
«200» 225	$\frac{14}{69}$	$\frac{44}{98}$	$\frac{74}{160}$	$\frac{94}{148}$	$\frac{97}{163}$	$\frac{144}{198}$	$\frac{207}{309}$	$\frac{225}{291}$	$\frac{334}{436}$	$\frac{524}{626}$	$\frac{689}{791}$
«225» 250	$\frac{14}{69}$	$\frac{47}{101}$	$\frac{84}{170}$	$\frac{104}{158}$	$\frac{107}{173}$	$\frac{160}{214}$	$\frac{233}{335}$	$\frac{251}{317}$	$\frac{374}{476}$	$\frac{589}{691}$	$\frac{769}{871}$
«250» 280	$\frac{15}{77}$	$\frac{53}{115}$	$\frac{95}{191}$	$\frac{117}{179}$	$\frac{121}{195}$	$\frac{177}{239}$	$\frac{258}{372}$	$\frac{278}{352}$	$\frac{418}{532}$	$\frac{653}{767}$	$\frac{863}{977}$
«280» 315	$\frac{15}{77}$	$\frac{57}{119}$	$\frac{107}{203}$	$\frac{129}{191}$	$\frac{133}{207}$	$\frac{199}{261}$	$\frac{293}{407}$	$\frac{313}{387}$	$\frac{468}{582}$	$\frac{733}{847}$	$\frac{943}{1057}$

Таблица 9.9 – Значения коэффициента трения f_n при прессовании

Материалы	f_n
Сталь – сталь	0,20
Сталь – чугун	0,14
Сталь – бронза, латунь	0,10
Чугун – бронза, латунь	0,08

Таблица 9.10 – Значения коэффициента линейного расширения α при прессовании

Материал	α
Сталь	$12 \cdot 10^{-6}$
Чугун	$10 \cdot 10^{-6}$
Бронза, латунь	$19 \cdot 10^{-6}$

Таблица 9.11 – Значения дополнительного зазора $Z_{сб}$ для облегчения сборки

Диаметр вала, мм	Св. 30 до 80	Св. 80 до 180	Св. 180 до 400
$Z_{сб}$, мкм	10	15	20

Таблица 9.12 – Соединения шлицевые прямобочные (по ГОСТ 1139–80)

Число зубьев z	d	D	b	d_1	a	c	r , не более
				не менее			
Легкая серия							
6	3	26	6	22,1	3,54	0,3	0,2
	26	30	6	24,6	3,85		
	28	32	7	26,7	4,03		
8	32	36	6	30,4	2,71	0,4	0,3
	36	40	7	34,5	3,46		
	42	46	8	40,4	5,03		
	46	50	9	44,6	5,75	0,5	0,5
	52	58	10	49,7	4,89		
	56	62	10	53,6	6,38		
	62	68	12	59,8	7,31		
	72	78	12	69,6	5,45		
	82	88	12	79,3	8,62		
92	98	14	89,4	10,08			

Продолжение таблицы 9.12

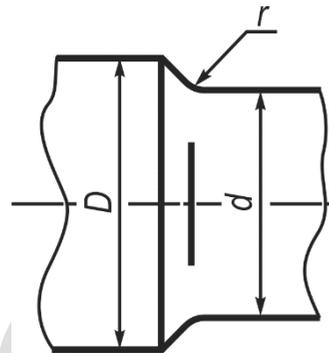
Число зубьев z	d	D	b	d_1	a	c	r , не более
				не менее			
Средняя серия							
6	16	20	4	14,5	—	0,3	0,2
	18	22	5	16,7	—		
	21	25	5	19,5	1,95		
	23	28	6	21,3	1,34		
	26	32	6	23,4	1,65		
	28	34	7	25,9	1,70		
8	32	38	6	29,4	—	0,4	0,3
	36	42	7	33,5	1,02		
	42	48	8	39,5	2,57		
	46	54	9	42,7	—		
	52	60	10	48,7	2,44		
	56	65	10	52,2	2,50		
	62	72	12	57,8	2,40		
10	72	82	12	67,4	—	0,5	0,5
	82	92	12	77,1	3,0		
	92	102	14	87,3	4,5		
Тяжелая серия							
10	16	20	2,5	—	14,1	0,3	0,2
	18	23	3,0	—	15,6		
	21	26	3,0	—	18,5		
	23	29	4,0	—	20,3		
	26	32	4,0	—	23,0		
	28	35	4,0	—	25,4		
	32	40	5,0	—	28,0		
	36	45	5,0	—	31,3		
	42	52	6,0	—	36,9		

Продолжение таблицы 9.12

Число зубьев z	d	D	b	d_1	a	c	r , не более
				не менее			
10	46	56	7,0	—	40,9	0,5	0,5
16	52	60	5,0	—	47,0		
	56	65	5,0	—	50,6		
	62	72	6,0	—	56,1		
	72	82	7,0	—	65,9		
20	82	92	6,0	—	75,6		
	92	102	7,0	—	85,5		

Примечание – Пример условного обозначения соединения с числом зубьев $z=8$, внутренним диаметром $d=46$ мм, наружным диаметром $D=50$ мм, шириной зуба $b=9$ мм, с центрированием по внутреннему диаметру d с посадками по $d \frac{H7}{f7}$, по $D \frac{H10}{a11}$, по $b \frac{H9}{d11}$
 $d8x46 \frac{H7}{f7} x50 \frac{H10}{a11} x9 \frac{H9}{d11}$; втулки того же соединения $d8x46H7x50P10x9H9$; вала того же соединения $d8x46f7x50a11x9d11$.

10 ВАЛЫ И ОСИ

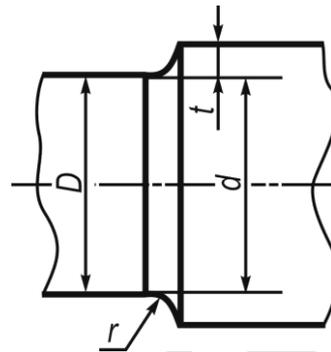
Таблица 10.1 – Значения коэффициентов K_σ и K_τ для валов с галтелями

Вал с галтелями

D/d	r/d	Валы из стали σ_b , МПа							
		600	700	800	900	600	700	800	900
		K_σ				K_τ			
До 1,1	0,02	1,96	2,08	2,20	2,35	1,30	1,35	1,41	1,45
	0,04	1,66	1,69	1,75	1,81	1,20	1,24	1,27	1,29
	0,06	1,51	1,52	1,54	1,57	1,16	1,18	1,20	1,23
	0,08	1,40	1,41	1,42	1,44	1,12	1,14	1,16	1,18
	0,10	1,34	1,36	1,37	1,38	1,09	1,11	1,13	1,15
	0,15	1,25	1,26	1,27	1,29	1,06	1,07	1,08	1,09
	0,20	1,19	1,21	1,22	1,23	1,04	1,05	1,06	1,07

Продолжение таблицы 10.1

D/d	r/d	Валы из стали σ_b , МПа							
		600	700	800	900	600	700	800	900
		K_σ				K_τ			
Св. 1,1 до 1,2	0,02	2,34	2,51	2,68	2,89	1,50	1,59	1,67	1,74
	0,04	1,92	1,97	2,05	2,13	1,33	1,39	1,45	1,48
	0,06	1,71	1,74	1,76	1,80	1,26	1,30	1,33	1,37
	0,08	1,56	1,58	1,59	1,62	1,18	1,22	1,26	1,30
	0,10	1,48	1,50	1,51	1,53	1,16	1,19	1,21	1,24
	0,15	1,35	1,37	1,38	1,40	1,10	1,11	1,14	1,16
	0,20	1,27	1,29	1,30	1,32	1,06	1,08	1,10	1,13
Св. 1,2 до 2	0,02	2,40	2,60	2,80	3,00	1,70	1,80	1,90	2,00
	0,04	2,00	2,10	2,15	2,25	1,46	1,53	1,60	1,65
	0,06	1,85	1,88	1,90	1,96	1,35	1,40	1,45	1,50
	0,08	1,66	1,68	1,70	1,73	1,25	1,30	1,35	1,40
	0,10	1,57	1,59	1,61	1,63	1,21	1,25	1,28	1,32
	0,15	1,41	1,43	1,45	1,47	1,12	1,15	1,18	1,20
	0,20	1,32	1,34	1,36	1,38	1,07	1,10	1,14	1,16

Таблица 10.2 – Значения коэффициентов K_σ и K_τ для валов с выточками

Вал с выточкой

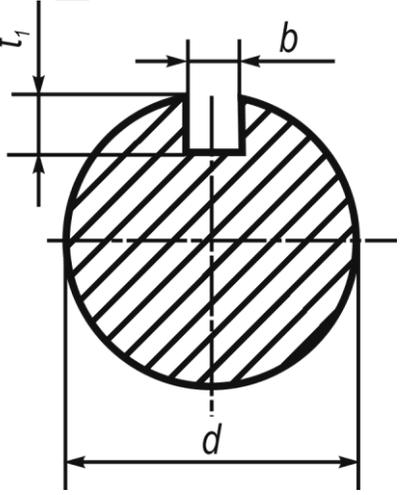
t/r	r/d	K_σ для валов из стали, имеющей σ_b , МПа			K_τ для валов из стали, имеющей σ_b , МПа		
		≤ 650	800	1000	≤ 650	800	1000
До 0,6	0,02	1,82	2,06	2,30	1,29	1,39	1,50
	0,04	1,77	1,96	2,16	1,27	1,37	1,48
	0,06	1,72	1,86	1,96	1,25	1,36	1,46
	0,08	1,68	1,77	1,92	1,21	1,32	1,43
	0,10	1,63	1,72	1,82	1,18	1,29	1,37
	0,15	1,53	1,58	1,68	1,14	1,21	1,29
Св. 0,6 до 1	0,02	1,85	2,10	2,35	1,37	1,50	1,65
	0,04	1,80	2,00	2,20	1,35	1,47	1,62
	0,06	1,75	1,90	2,00	1,32	1,46	1,59
	0,08	1,70	1,80	1,96	1,27	1,41	1,55
	0,10	1,65	1,75	1,85	1,23	1,37	1,47
	0,15	1,55	1,60	1,70	1,18	1,27	1,37

Продолжение таблицы 10.2

t/r	r/d	K_σ для валов из стали, имеющей σ_b , МПа			K_τ для валов из стали, имеющей σ_b , МПа		
		≤ 650	800	1000	≤ 650	800	1000
Св. 1 до 1,5	0,02	1,89	2,15	2,41	1,38	1,52	1,68
	0,04	1,84	2,05	2,26	1,36	1,50	1,65
	0,06	1,78	1,94	2,05	1,33	1,48	1,62
	0,08	1,73	1,84	1,99	1,28	1,43	1,58
	0,10	1,68	1,78	1,89	1,24	1,39	1,50
	0,15	1,58	1,63	1,73	1,19	1,28	1,38
Св. 1,5 до 2	0,02	1,93	2,02	2,47	1,40	1,55	1,70
	0,04	1,87	2,09	2,31	1,38	1,52	1,68
	0,06	1,82	1,98	2,09	1,35	1,50	1,65
	0,08	1,76	1,87	2,04	1,30	1,45	1,60
	0,10	1,71	1,82	1,93	1,25	1,40	1,52
	0,15	1,60	1,66	1,76	1,20	1,30	1,40

Таблица 10.3 – Значения коэффициентов K_σ и K_τ в месте шпоночной канавки

Значения коэффициентов	σ_b , МПа			
	600	700	800	900
K_σ	1,6	1,75	1,80	1,90
K_τ	1,5	1,6	1,7	1,9


Таблица 10.4 – Значения коэффициентов K_σ и K_τ для шлицевых участков вала

Шлицы		σ_b , МПа			
		600	700	800	900
Прямобоочные	K_σ	1,55	1,60	1,65	1,70
	K_τ	2,35	2,45	2,55	2,65
Эвольвентные	K_σ	1,55	1,60	1,65	1,70
	K_τ	1,46	1,49	1,52	1,55

Таблица 10.5 – Концентрация напряжений в местах установки детали с натягом

Диаметр вала d , мм	K_σ/K_τ при σ_s				K_τ/K_d при σ_s			
	500	700	900	1200	500	700	900	1200
30	2,5	3,0	3,5	4,25	1,9	2,2	2,5	2,95
50	3,05	3,65	4,3	5,2	2,25	2,6	3,0	3,5
100 и более	3,3	3,95	4,6	5,6	2,4	2,8	3,2	3,8

Примечание – При действии в расчетном сечении нескольких источников концентрации напряжений учитывают наиболее опасный из них (с наибольшим отношением K_σ/K_τ или K_τ/K_d).

Таблица 10.6 – Значения коэффициентов $K_{d\tau}$ и $K_{d\sigma}$

Напряженное состояние и материал	Значения K_d при диаметре вала d , мм				
	30	40	50	70	100
Изгиб для углеродистой стали	0,88	0,85	0,81	0,76	0,71
Изгиб для высокопрочной легированной стали и кручение для всех сталей	0,77	0,73	0,70	0,67	0,62

Таблица 10.7 – Значения коэффициента K_F

Вид механической обработки и шероховатость поверхностей	σ_s , МПа		
	400	800	1200
Шлифование ($R_a=0,16-32$ мкм)	1,0	1,0	1,0
Обточка ($R_a=0,63-2,5$ мкм)	1,05	1,10	1,25
Обдирка ($R_a=5-20$ мкм)	1,20	1,25	1,50
Необработанная поверхность	1,30	1,50	2,20

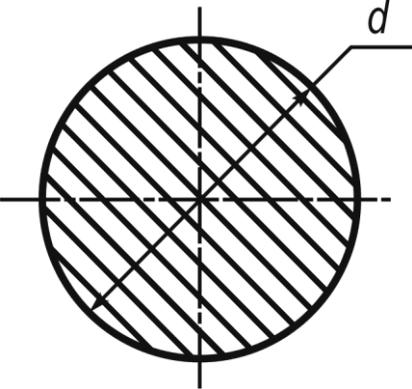
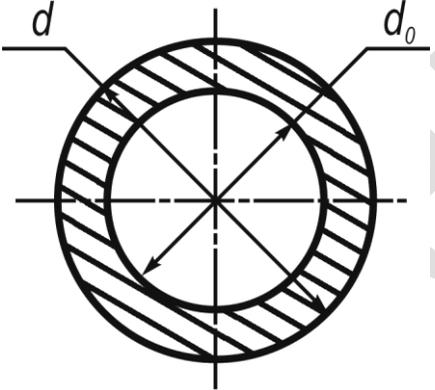
Таблица 10.8 – Значения коэффициента K_V

Вид упрочнения	σ_s сердцевины, МПа	K_V		
		Для гладких валов	$K_{\sigma} \leq 1,5$	$K_{\sigma} = 1,8 - 2,0$
Закалка с нагревом	600 – 800	1,5 – 1,7	1,6 – 1,7	2,4 – 2,8
ТВЧ	800 – 1000	1,3 – 1,5	–	–
Дробеструйный наклеп	600 – 1500	1,1 – 1,25	1,5 – 1,6	1,7 – 2,1
Накатка клепом	–	1,1 – 1,3	1,3 – 1,5	1,6 – 2,0
Без упрочнения	–	1,0	1,0	1,0

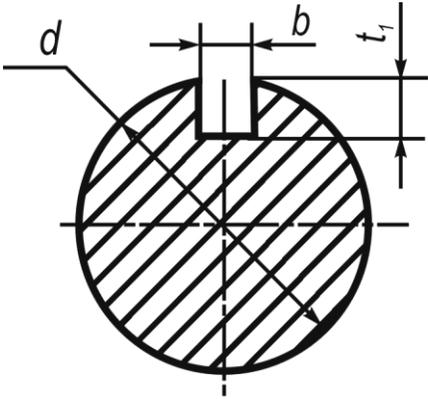
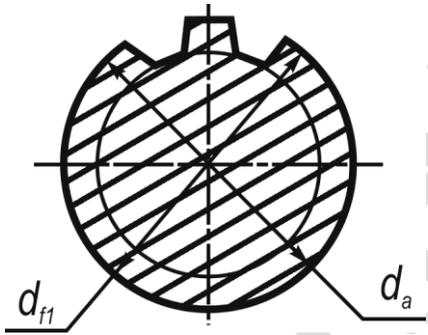
Таблица 10.9 – Значения коэффициентов ψ_{σ} и ψ_{τ}

Материал	ψ_{σ}	ψ_{τ}
Углеродистые мягкие стали	0,05	0
Среднеуглеродистые стали	0,1	0,05
Легированные стали	0,15	0,1

Таблица 10.10 – Значения осевого и полярного моментов сопротивления некоторых сечений валов

Сечение вала	Осевого момент сопротивления $W_{\text{нетто}}$	Полярный момент сопротивления $W_{\text{к нетто}}$
<p data-bbox="389 373 685 408">круглое сплошное</p>  <p>The diagram shows a solid circular cross-section of a shaft. It is filled with diagonal hatching. A vertical dashed line and a horizontal dashed line intersect at the center, representing the principal axes. A dimension line on the right indicates the diameter d.</p>	$0,1d^3$	$0,2d^3$
<p data-bbox="456 896 618 932">полый вал</p>  <p>The diagram shows a hollow circular cross-section of a shaft. The outer boundary is filled with diagonal hatching, while the inner hole is empty. A vertical dashed line and a horizontal dashed line intersect at the center. Dimension lines on the right indicate the outer diameter d_0 and the inner diameter d.</p>	$0,1d^3[1-(d/d_0)^4]$	$0,2d^3[1-(d/d_0)^4]$

Продолжение таблицы 10.10

Сечение вала	$W_{\text{нетто}}$	$W_{\text{к нетто}}$
<p>вал со шпоночной канавкой</p> 	$0,1d^3 - \frac{bt_1(d - t_1)^2}{2d}$	$0,2d^3 - \frac{bt_1(d - t_1)^2}{2d}$
<p>шлицевой вал</p> 	$0,1 \frac{(d_a + d_f)^3}{2}$	$0,2d_f^3$

Продолжение таблицы 10.10

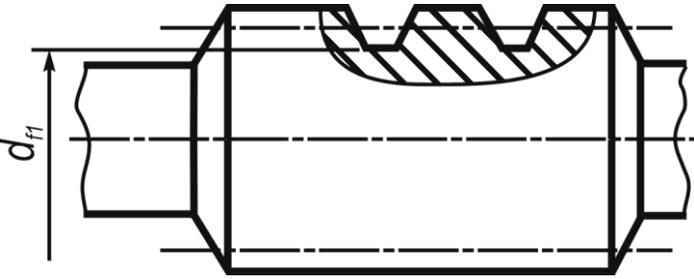
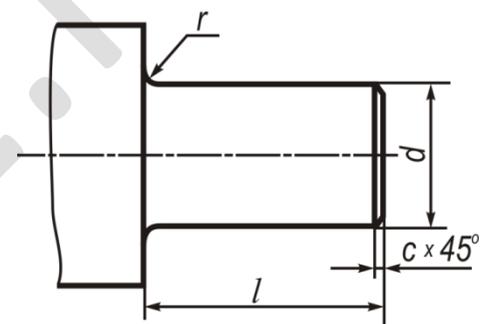
Сечение вала	$W_{\text{нетто}}$	$W_{\text{к нетто}}$
вал червяка 	$\pi d_f^3 / 32$	$\pi d_f^3 / 16$

Таблица 10.11 – Значения допускаемого напряжения изгиба для валов и вращающихся осей, МПа

Источник концентрации напряжения	Диаметр вала, мм	Стали, термообработка, механические характеристики, МПа			
		35, ст.5 $\delta_{\sigma} \geq 500$ $\delta_{-1} \geq 220$	45, ст.6 $\delta_{\sigma} \geq 600$ $\delta_{-1} \geq 260$	45, закалка $\delta_{\sigma} \geq 850$ $\delta_{-1} \geq 340$	40X, закалка $\delta_{\sigma} \geq 1000$ $\delta_{-1} \geq 400$
Деталь, посаженная с небольшим натягом	30	80	85	90	95
	50	65	70	75	80
	100	60	65	70	75
Напрессованная деталь (без усиления вала)	30	58	63	67	70
	50	48	50	55	60
	100	45	48	50	55
Галтель	30	60	70	80	90
	50	55	65	75	80
	100	50	55	65	70

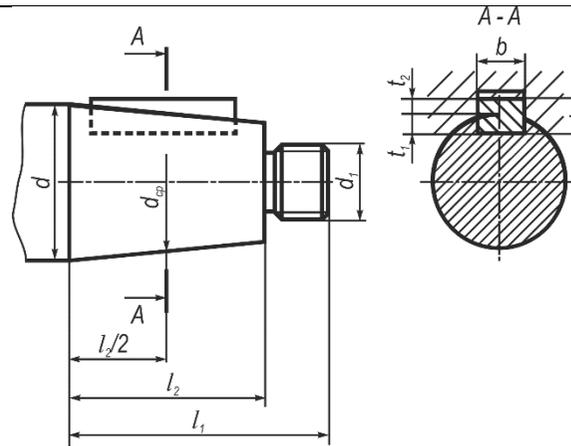
Таблица 10.12 – Номинальные размеры концов валов цилиндрических, мм (по ГОСТ 12080–66)

d	l		r	c
	исполнение 1	исполнение 2		
12, 14	30	25	1,0	0,6
16, 18	40	28		
20, 22	50	36	1,6	1,0
25, 28	60	42		
32, 36	80	58	2,0	1,6
40, 45	110	82		
50, 55	110	82	2,5	2,0
60, 70	140	105		
80, 90	170	130	3,0	2,5
100, 110	210	165		



Конец вала цилиндрический

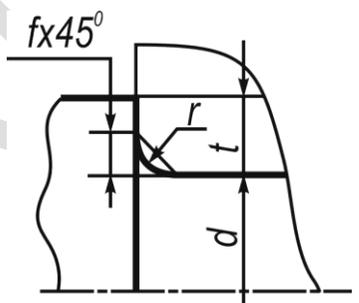
Таблица 10.13 – Номинальные размеры концов валов конических, мм (по ГОСТ 12081–72)



d	l_1	l_2	d_{cp}	b	h	t_1	d_1
20	50	36	18,2	4	4	2,5	M12x1,25
22			20,2				
25	60	42	22,9	5	5	3,0	M16x1,5
28			25,9				
32	80	58	29,1	6	6	3,5	M20x1,5
36			33,1				
40	110	82	35,9	10	8	5,0	M24x2
45			40,9	12			M30x3
50			45,9				M36x3
56			51,9	14			9
63	140	105	57,75	16	10	6,0	M42x3
71			65,75	18	11	7,0	M48x3
80	170	130	73,5	20	12	7,5	M56x4
90			83,5	22	14	9,0	M64x4

Таблица 10.14 – Размеры галтелей постоянного радиуса, мм

d	r	f
Св. 18 до 30	1,6	2,0
Св. 30 до 50	2,0	2,5
Св. 50 до 80	2,5	3,0
Св. 80 до 120	3,0	4,0

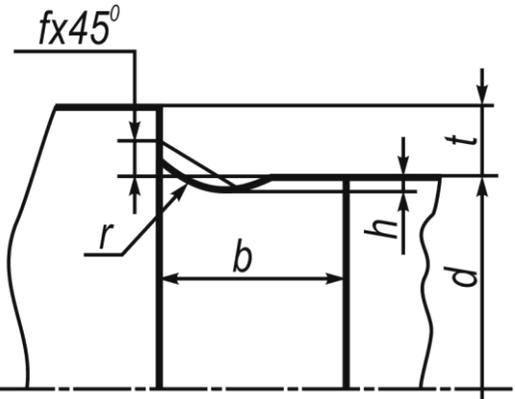


Галтель

Таблица 10.15 – Размеры канавок для выхода шлифовального круга, мм

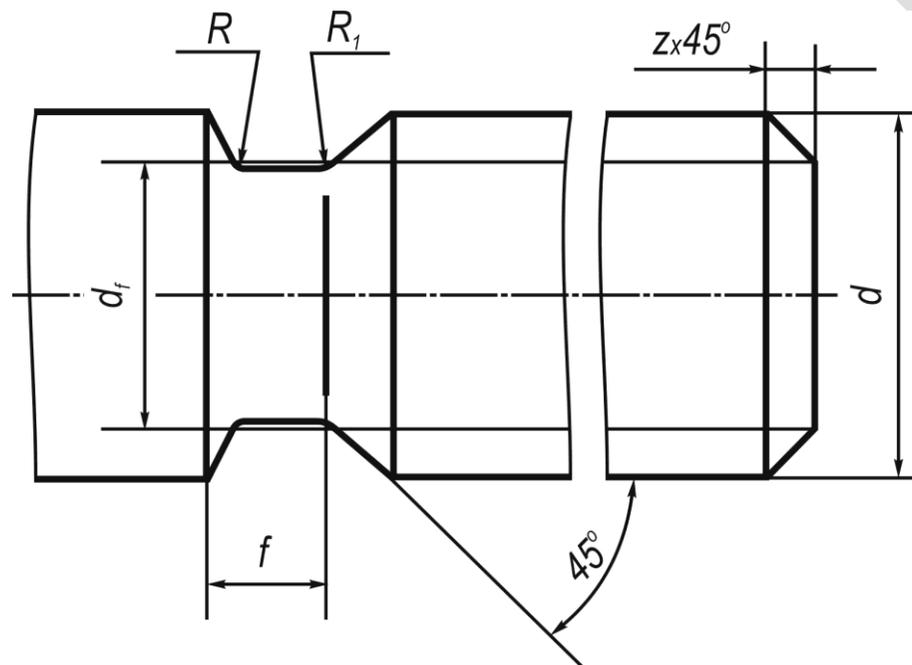
d	b	h	r
Св. 10 до 50	3	0,25	1,0
Св. 50 до 100	5	0,25	1,6

Примечание – Высота буртика $t \geq 2f$.



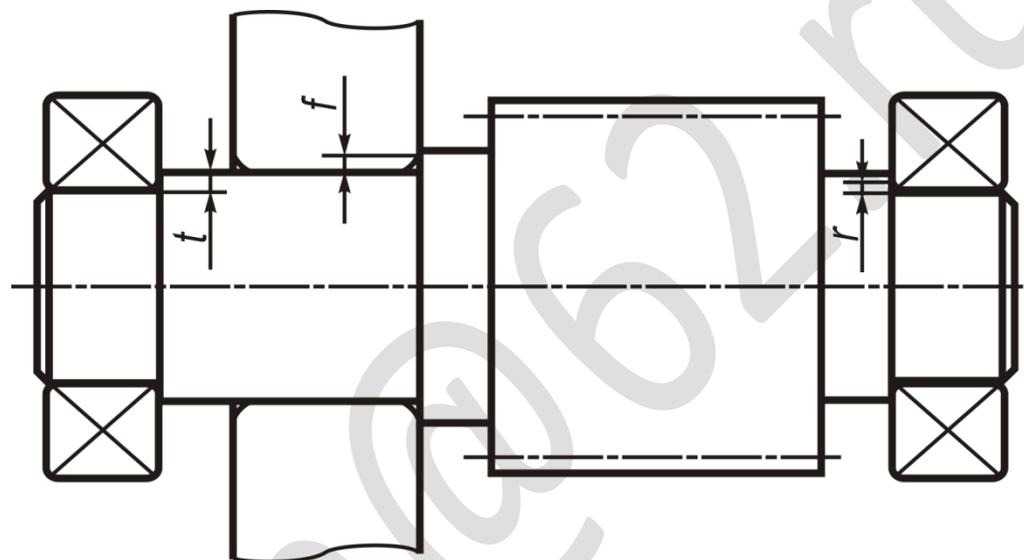
Канавка

Таблица 10.16 – Размеры проточек для наружной метрической резьбы, мм (по ГОСТ 10549–80)



Шаг резьбы	Проточка			Фаска z	
	f	R	R_f		
1,5	2,5	1,0	0,5	$d-2,0$	1,0
2	3			$d-3,0$	1,6
3	5	$d-4,2$		2,0	
4	6	1,6	1,0	$d-5,2$	2,5
5	8	2,0		$d-7,0$	3,0
6	10	3,0		$d-8,0$	3,5

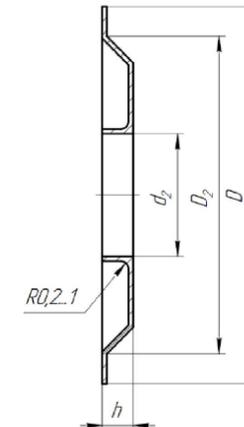
Таблица 10.17 – Размеры конструктивных элементов валов, мм



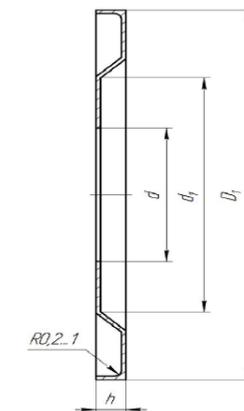
Диаметр вала, d	17–22	24–30	32–38	40–44	45–50	52–58	60–65	67–75	80–85	90–95
Высота заплечика, $t_{цпл}$	3,0	3,5	3,5	3,5	4,0	4,5	4,6	5,1	5,6	5,6
Высота заплечика, $t_{кон}$	1,5	1,8	2,0	2,3	2,3	2,5	2,7	2,7	2,7	2,9
Координата фаски подшипника, r	1,5	2	2,5	2,5	3	3	3,5	3,5	4	4
Размер фаски колеса, f	1	1	1,2	1,2	1,6	2	2	2,5	2,5	3

Таблица 10.19 – Шайбы уплотнительные стальные

Диаметры подшипника		Общие размеры		Исполнение 1			Исполнение 2				
d	D	s	h	D_1	d	d_1	d_2	D	D_2		
20	47	0,3	2	41,2	20	29	25,7	47	37		
	52			44,8			33		27,2	52	40
25	52		2,5	2,5	47	25	36	31,5	52	42	
	2				54,8			40		32,2	62
30	62			56,2	30	44	48	36,3	62	72	56
	72			64,8							
35	72			64,8	35	48	54	43	72	80	56
	80			70,7							
40	80		72,7	3	40	57	48	80	90	62	
	90		80,5								
45	85		77,8		45	61	75	53	85	100	68
	100		90,8								
50	90	82,8	50		67	80	57,5	90	110	73	
	110	98,9									
55	100	90,8	55	75	89	64,5	100	120	80		
	120	108									
60	110	100,8	60	85	95	70	110	130	85		
	130	117,5									
65	120	110,5	3,5	65	90	74,5	120	140	95		
	140	127,5								100	77,5



Исполнение 1

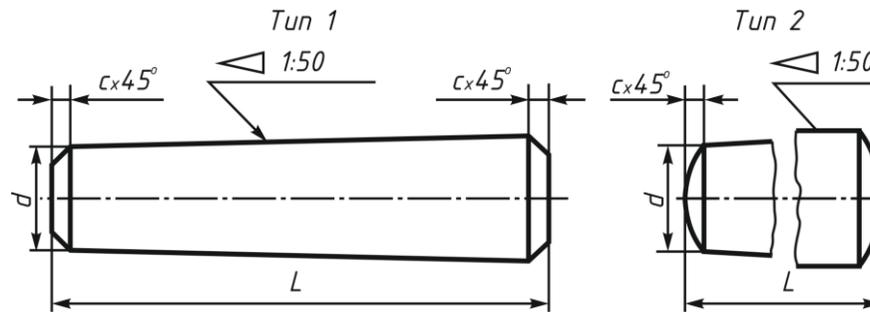


Исполнение 2

Таблица 10.20 – Численные значения допусков IT для квалитетов 4–14

Размер, мм		Квалитеты										
		IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14
свыше	до	Допуски, мкм								Допуски, мм		
18	30	6	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52
30	50	7	11	16	25	39	62	100	160	0,25	0,39	0,62
50	80	8	13	19	30	46	74	120	190	0,30	0,46	0,74
80	120	10	15	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87

Таблица 10.21 – Штифты конические



d	c	Интервалы длин	d	c	Интервалы длин	d	c	Интервалы длин
4	0,6	16–70	10	1,6	30–180	25	3,0	60–280
5	0,8	16–90	12	1,6	36–220	32	4,0	80–280
6	1,0	20–110	16	2,0	40–280	40	5,0	100–280
8	1,2	25–140	20	2,5	50–280	50	6,3	120–280

Примечания:

1. Ряд длин L : 16, 20, 25, 30, 36, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 140, 160, 180, 200, 220, 250, 280 мм.
2. Материал (рекомендуемый) – сталь 45, 15, А12.

11 ПОДШИПНИКИ И ПОДШИПНИКОВЫЕ УЗЛЫ

Таблица 11.1 – Значения коэффициента безопасности K_B

Вид нагружения	K_B	Область применения
Спокойная нагрузка без толчков	1,0	Маломощные кинематические редукторы и приводы. Механизмы ручных кранов. Тали, кошки, ручные лебедки. Приводы управления
Легкие толчки, кратковременные перегрузки до 125 % номинальной (расчетной) нагрузки	1,0–1,2	Прецизионные зубчатые передачи. Металлорежущие станки (кроме строгальных, долбежных и шлифовальных). Гироскопы. Механизмы подъема кранов. Электротали. Лебедки с механическим приводом. Электродвигатели малой и средней мощности. Легкие вентиляторы и воздуходувки
Умеренные толчки; вибрационная нагрузка; кратковременные перегрузки до 150 % номинальной нагрузки	1,3–1,5	Зубчатые передачи. Редукторы всех типов. Буксы рельсового подвижного состава. Механизмы передвижения крановых тележек и поворота кранов. Механизмы изменения вылета стрелы кранов. Шпиндели шлифовальных станков
Нагрузки со значительными толчками и вибрациями; кратковременные перегрузки до 200 % номинальной нагрузки	1,8–2,5	Зубчатые передачи 9-й степени точности. Дробилки и копры. Кривошипно-шатунные механизмы. Мощные вентиляторы
Нагрузки с сильными ударами; кратковременные перегрузки до 300 % номинальной нагрузки	2,5–3,0	Тяжелые ковочные машины. Лесопильные рамы. Холодильное оборудование. Рабочие роликовые конвейеры крупносортовых станков, блюмингов

Таблица 11.2 – Значения коэффициента надежности a_1

Заданная вероятность безотказной работы $P(t)$	a_1
0,90	1
0,95	0,62
0,96	0,53
0,97	0,44
0,98	0,33
0,99	0,21

Примечание – Для подшипников общего машиностроения $a_1=1$, то есть предполагают, что расчет динамической грузоподъемности выполняется по долговечности при наиболее распространенной в машиностроении вероятности, равной 0,9.

Таблица 11.3 – Значения коэффициента a_{23}

Условия работы подшипника	Тип подшипника			
	Шариковые, кроме сферических	Роликовые конические	Роликовые цилиндрические	Роликовые сферические двухрядные
Обычные	0,7–0,8	0,6–0,8	0,5–0,6	0,3–0,6
Наличие гидродинамической пленки и отсутствие перекосов колец подшипника	1,0	0,9	0,8	0,6
Наличие гидродинамической масляной пленки, контроль динамических перекосов*	1,2–1,4	1,1–1,3	1,0–1,2	0,8–1,0

* Кольца и тела качения изготовлены из электрошлаковой и вакуумной сталей.

Таблица 11.4 – Минимальная долговечность подшипников в различных типах редукторов

Тип редуктора	$L_h, \text{ч}$
Цилиндрический, двух- и трехступенчатый, планетарный двухступенчатый, коническо-цилиндрический	10000
Волновой	10000
Остальные	5000

Таблица 11.5 – Значения коэффициентов осевого нагружения e , радиальной X и осевой Y нагрузок для различных типов подшипников

Радиальные однорядные подшипники									
F_d/C_{Or}	$F_d/V_{Fr} \leq e$				$F_d/V_{Fr} > e$				e
	X		Y		X		Y		
0,014	1		0		0,56		2,30		0,19
0,028							1,99		0,22
0,056							1,71		0,26
0,084							1,55		0,28
0,11							1,45		0,30
0,17							1,31		0,34
0,28							1,15		0,38
0,42							1,04		0,42
0,56							1,00		0,44
Самоустанавливающиеся радиально-сферические шарикоподшипники									
Однорядные				Двухрядные				e	
$F_d/V_{Fr} \leq e$		$F_d/V_{Fr} > e$		$F_d/V_{Fr} \leq e$		$F_d/V_{Fr} > e$			
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y		
1	$0,42 \operatorname{ctg} \alpha$	0,40	$0,4 \operatorname{ctg} \alpha$	1	$0,42 \operatorname{ctg} \alpha$	0,65	$0,65 \operatorname{ctg} \alpha$	$1,5 \operatorname{tg} \alpha$	
Радиально-упорные конические, радиальные самоустанавливающиеся шарикоподшипники									
Однорядные				Двухрядные				e	
$F_d/V_{Fr} \leq e$		$F_d/V_{Fr} > e$		$F_d/V_{Fr} \leq e$		$F_d/V_{Fr} > e$			
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y		
1	0	0,4	$0,4 \operatorname{ctg} \alpha$	1	$0,45 \operatorname{ctg} \alpha$	0,67	$0,67 \operatorname{ctg} \alpha$	$1,5 \operatorname{tg} \alpha$	

Продолжение таблицы 11.5

Радиально-упорные шарикоподшипники											
α^0	iF_d/C_{or}	Однорядные				Двухрядные				e	
		$F_d/N_{Fr} \leq e$		$F_d/N_{Fr} > e$		$F_d/N_{Fr} \leq e$		$F_d/N_{Fr} > e$			
		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y		
12	0,014	1	0	0,45	1,81	1	0,74	2,08	2,94	0,30	
	0,029				1,62			1,84	2,63	0,34	
	0,057				1,46			1,60	2,37	0,37	
	0,086				1,34			1,52	2,18	0,41	
	0,11				1,22			1,39	1,98	0,45	
	0,17				1,13			1,30	1,84	0,48	
	0,29				1,04			1,20	1,69	0,52	
	0,43				1,01			1,16	1,64	0,54	
	0,57				1,00			1,16	1,62	0,54	
15	0,015	1	0	0,44	1,47	1	0,72	1,65	2,39	0,38	
	0,029				1,40			1,57	2,28	0,40	
	0,058				1,30			1,46	2,11	0,43	
	0,087				1,23			1,38	2,00	0,46	
	0,12				1,19			1,34	1,93	0,47	
	0,17				1,12			1,26	1,82	0,50	
	0,29				1,02			1,14	1,66	0,55	
	0,44				1,00			1,12	1,63	0,56	
	0,58				1,00			1,12	1,63	0,56	
18; 19; 20; 24; 25; 26; 30; 35; 36; 40.		1	0	0,43	1,00	1	0,70	1,09	1,63	0,57	
				0,41	0,87			0,92	0,67	1,44	0,68
				0,39	0,76			0,78	0,63	1,24	0,80
				0,37	0,66			0,66	0,60	1,07	0,95
				0,35	0,57			0,55	0,57	0,93	1,14

Таблица 11.6 – Рекомендации по выбору радиально-упорных шарикоподшипников

Отношение F_a/F_r	Конструктивное обозначение и угол контакта	Осевая составляющая радиальной нагрузки S в долях от F_r	Примечание
0,35–0,8	36000; $\alpha=12^\circ$	$0,3F_r$	Допустимо использование особо легкой и сверхлегкой серии 9
0,81–1,2	46000; $\alpha=26^\circ$	$0,6F_r$	При весьма высоких скоростях легкая серия 2 или 5 предпочтительнее
Свыше 1,2	66000; $\alpha=36^\circ$	$0,9F_r$	Для высоких скоростей подшипник с данным углом контакта непригоден
Примечание – При $F_a/F_r < 0,35$ применяют однорядные радиальные шариковые подшипники.			

Таблица 11.7 – Подшипники гибкие шариковые радиальные. Основные размеры (по ГОСТ 23179–78)

Условное обозначение подшипника	Размеры, мм			
	d	D	B	r
806	30	42	7	0,5
808	40	52	8	
809	45	62	9	
812	60	80	13	
815	75	100	15	1,0
818	90	120	18	
822	110	150	24	
824	120	160	24	
830	150	200	30	1,5
836	180	240	35	
844	220	300	45	2,5
848	240	320	48	
860	300	400	60	
862	310	420	70	
872	360	480	72	3,5

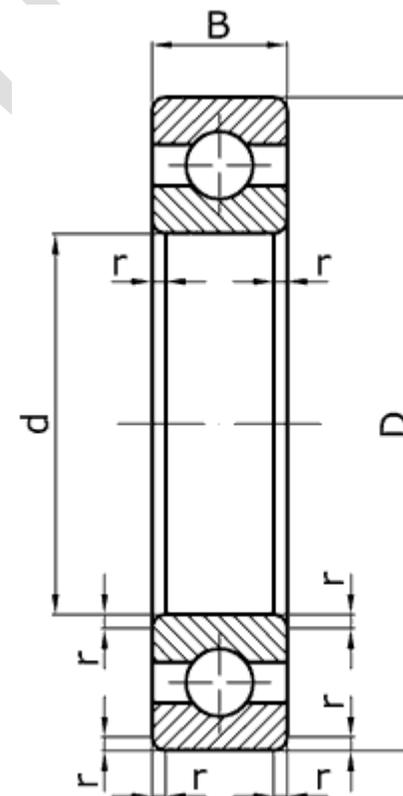
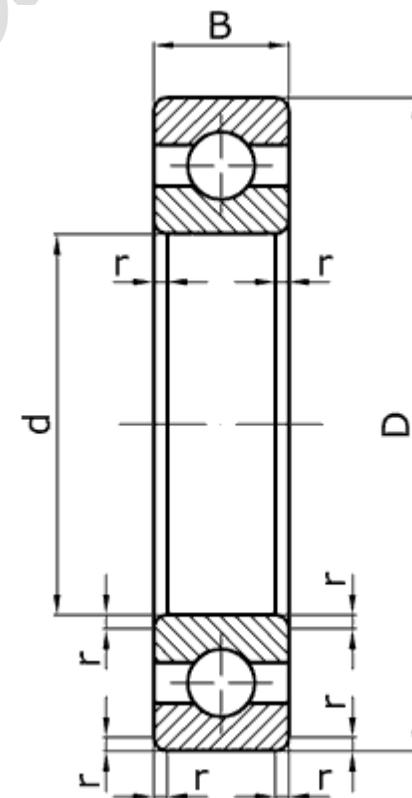


Таблица 11.8 – Шариковые радиальные однорядные подшипники (по ГОСТ 8338–75)

Условное обозначение подшипника	Размеры, мм				Грузоподъемность, Н	
	d	D	B	r	C_r	C_{or}
Легкая серия диаметров 2, узкая серия ширин 0						
202	15	35	11	1,0	7800	3550
203	17	40	12	1,0	9560	4500
204	20	47	14	1,5	12700	6200
205	25	52	15	1,5	14000	6950
206	30	62	16	1,65	19500	10000
207	35	72	17	2,0	25500	13700
208	40	80	18	2,0	32000	17800
209	45	85	19	2,0	33200	33200
209A	45	85	19	2,0	36400	20100
210	50	90	20	2,0	35100	19800
211	55	100	21	2,5	43600	25000
212	60	110	22	2,5	52000	31000
213	65	120	23	2,5	56000	34000
214	70	125	24	2,5	61800	37500
215	75	130	25	2,5	66300	41000
216	80	140	26	3,0	70200	45000
217	85	150	28	3,0	83200	53000
217A	85	150	28	3,0	89500	56500
218	90	160	30	3,0	95600	62000
219	95	170	32	3,5	108000	69500
219A	95	170	32	3,5	115000	74000
220	100	180	24	3,5	124000	79000



Продолжение таблицы 11.8

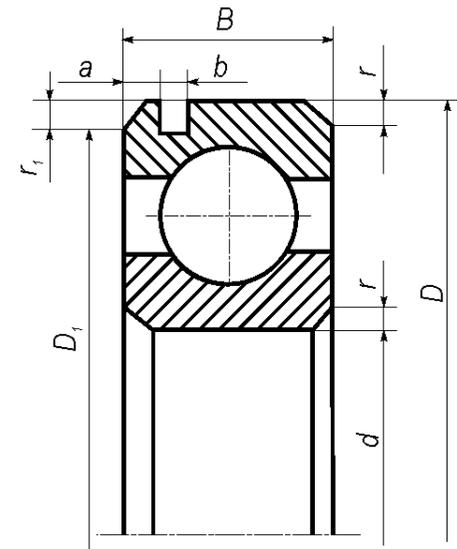
Условное обозначение подшипника	Размеры, мм				Грузоподъемность, Н	
	d	D	B	r	C_r	C_{or}
Средняя серия диаметров 3, узкая серия ширин 0						
302	15	42	13	1,5	11400	4400
303	17	47	14	1,5	13500	6650
304	20	52	15	2,0	15900	7800
305	25	62	17	2,0	22500	11400
306	30	72	19	2,0	28100	14600
307	35	80	21	2,5	33200	18000
308	40	90	23	2,5	41000	22400
309	45	100	25	2,5	52700	30000
310	50	110	27	3,0	61800	36000
311	55	120	29	3,0	71500	41500
312	60	130	31	3,5	81900	48000
313	65	140	33	3,5	92300	56000
314	70	150	35	3,5	104000	63000
315	75	160	37	3,5	112000	72500
316	80	170	39	3,5	124000	80000
316K5	80	170	39	3,5	130000	89000
317	85	180	41	4,0	133000	90000
318	90	190	43	4,0	143000	99000
319	95	200	45	4,0	153000	110000
319K5	95	200	45	4,0	161000	120000
320	100	215	47	4,0	174000	132000

Продолжение таблицы 11.8

Условное обозначение подшипника	Размеры, мм				Грузоподъемность, Н	
	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>r</i>	<i>C_r</i>	<i>C_{or}</i>
Тяжелая серия диаметров 4, узкая серия ширин 0						
403	17	62	17	2,0	22900	11800
404	25	80	21	2,5	36400	20400
406	30	90	23	2,5	47000	26700
407	35	100	25	2,5	55300	31000
408	40	110	27	3,0	63700	36500
409	45	120	29	3,0	76100	45500
410	50	130	31	3,5	87100	52000
411	55	140	33	3,5	100000	63000
412	60	150	35	3,5	108000	73000
413	65	160	37	3,5	119000	78100
414	70	180	42	4,0	143000	105000
415	75	190	45	4,0	–	–
416	80	200	48	4,0	163000	125000
417	85	210	52	5,0	174000	135000

Таблица 11.9 – Подшипники шариковые радиальные однорядные со стопорной канавкой на наружном кольце (по ГОСТ 2893–82)

Условное обозначение подшипника	d	D	D_1	B	a	b	r	r_1	$C_r, Н$	$C_{or}, Н$
Легкая серия диаметров 2, узкая серия ширин 0										
50202	15	35	33,2	11	2,05	1,3	1	0,5	7800	3500
50203	17	40	38,1	12	2,05	1,3	1	0,5	9500	4500
50204	20	47	44,60	14	2,45	1,3	1,5	0,5	12700	6200
50205	25	52	49,7	15	2,45	1,3	1,5	0,5	14000	6950
50206	30	62	59,6	16	3,25	1,5	1,5	0,8	19500	10000
50207	35	72	68,8	17	3,25	1,9	2,0	0,8	25500	13700
50208	40	80	76,8	18	3,25	1,9	2	0,8	32000	17800
50209	45	85	81,8	19	3,25	1,9	2	0,8	33200	18600
50210	50	90	86,8	20	3,25	2,7	2	0,8	35100	19800
50211	55	100	96,8	21	3,25	2,7	2,5	0,8	43600	25000
50212	60	110	106,8	22	3,28	2,7	2,5	0,8	52000	30900
50213	65	120	115,2	23	4,05	3,1	2,5	0,8	56000	34000
50216	80	140	135,2	26	4,9	3,1	3	0,8	70200	45000
50217	85	150	145,2	28	4,9	3,1	3	0,8	83200	53000
Средняя серия диаметров 3, узкая серия ширин 0										
50300	10	35	33,2	11	2,05	1,3	1	0,5	8060	3750
50303	17	47	44,6	14	2,45	1,3	1,5	0,5	13500	6700
50304	20	52	49,7	15	2,45	1,3	2	0,5	15900	7800
50305	25	62	59,6	17	3,25	1,9	2	0,8	22500	11400
50306	30	72	68,8	19	3,25	1,9	2	0,8	28100	14600
50307	35	80	76,8	21	3,25	1,8	2,5	0,8	33200	18000



Продолжение таблицы 11.9

Условное обозначение подшипника	d	D	D_1	B	a	b	r	r_1	$C_r, Н$	$C_{or}, Н$
50308	40	90	86,8	23	3,25	2,7	2,5	0,8	41000	22400
50309	45	100	96,8	25	3,25	2,7	2,5	0,8	52700	30000
50310	50	110	106,8	27	3,25	2,7	3	0,8	61800	36000
50311	55	120	115,2	29	4,05	3,1	3	0,8	71500	41500
50312	60	130	125,2	31	4,05	3,1	3,5	0,8	81900	48000
50313	65	140	135,2	33	4,9	3,1	3,5	0,8	92300	56000
50314	70	150	145,2	35	4,9	3,1	3,5	0,8	104000	63000
50315	75	160	155,2	37	4,9	3,1	3,5	0,8	112000	72500
50316	80	170	163,6	39	5,7	3,5	3,5	0,8	121000	80000
50316K5	80	170	163,6	39	5,7	3,5	3,5	0,8	130000	89000
Серия диаметров 4										
50406	30	90	86,8	23	3,25	2,7	2,5	0,8	47000	26700
50407	35	100	96,8	25	3,25	2,7	2,5	0,8	55300	31000
50408	40	110	106,8	27	3,25	2,7	3	0,8	63700	36500
50409	45	120	115,2	29	4,05	3,1	3	0,8	76100	45500
50410	50	130	125,2	31	4,05	3,1	3,5	0,8	87100	52000
50411	55	140	135,2	33	4,9	3,1	3,5	0,8	100000	63000
50412	60	150	145,2	35	4,9	3,1	3,5	0,8	108000	70000
50416	80	200	193,6	48	5,7	3,5	4	0,8	163000	5000

Таблица 11.10 – Шариковые радиально-упорные однорядные подшипники (по ГОСТ 831–75)

Условное обозначение подшипника	Размеры, мм				Динамическая грузоподъемность C_r , Н	Статистическая грузоподъемность C_{or} , Н	Предельная частота вращения, мин ⁻¹
	d	D	B	r			
Серия диаметров 2, серия ширин 0 (Угол $\alpha=12^\circ$)							
36202	15	35	11	1,0	8150	3850	32000
36203	17	40	12	1,0	12000	6120	24000
36204	20	47	14	1,5	15700	8310	23000
36205	25	52	15	1,5	16700	9100	17000
36206	30	62	16	1,5	22000	12000	16000
36207	35	72	17	2,0	30800	17800	12000
36208	40	80	18	2,0	38900	23200	13000
36209	45	85	19	2,0	41200	25100	12000
36210	50	90	20	2,0	43200	27000	11000
36211	55	100	21	2,5	58400	34200	9000
36212	60	110	22	2,5	61500	39300	8500
Серия диаметров 3, серия ширин 0 (Угол $\alpha=12^\circ$)							
36302	15	42	13	1,5	13600	6800	20000
36303	17	47	14	1,5	17200	8700	17000
36308	40	90	23	2,5	53900	32000	9500
Серия диаметров 3, серия ширин 0 (Угол $\alpha=26^\circ$)							
46304	20	52	15	2,0	17800	9000	16000
46305	25	62	17	2,0	26900	14600	12000
46306	30	72	19	2,0	32600	18300	10000
46307	35	80	21	2,5	42600	24700	9500
46308	40	90	23	2,5	50800	30100	8500
46309	45	100	25	2,5	61400	37000	7500
46310	50	110	27	3,0	71800	44000	6700
46312	60	130	31	3,5	100000	65300	5600

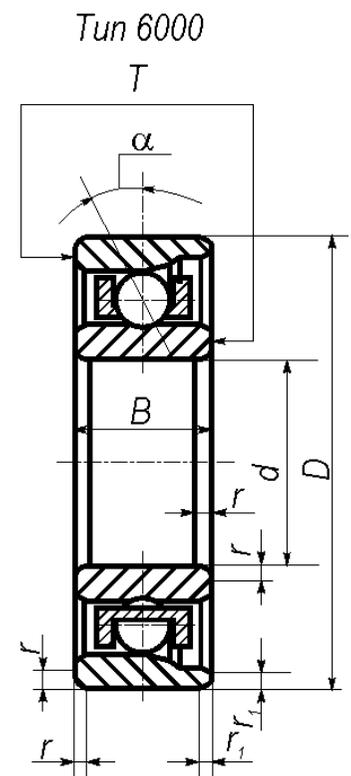
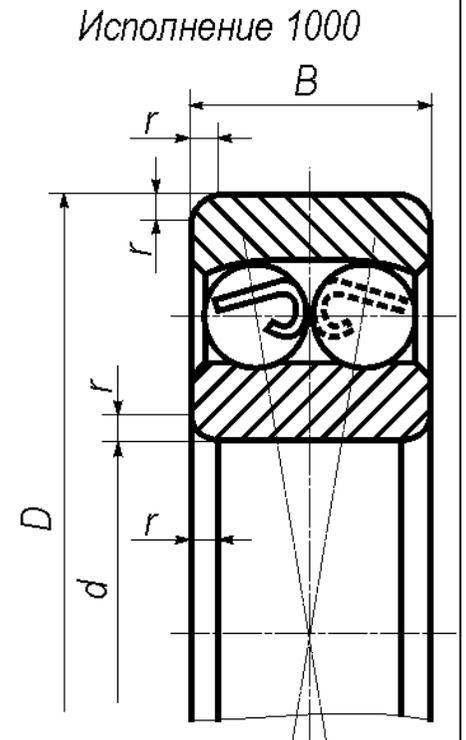


Таблица 11.11 – Подшипники шариковые радиальные сферические двухрядные (по ГОСТ 28428–90)

Условное обозначение подшипника	Размеры, мм				Динамическая грузоподъемность C_r , Н	Статистическая грузоподъемность C_{or} , Н	Предельная частота вращения, мин^{-1}
	d	D	B	r			
Серия диаметров 2, серия ширин 0							
1200	10	30	9	1	5530	1370	30000
1202	15	35	11	1	7410	2040	24000
1204	20	47	14	1,5	9950	3180	18000
1205	25	52	15	1,5	12100	4000	16000
1206	30	62	16	1,5	15600	5800	13000
1207	35	72	17	2	15900	6600	11000
1208	40	80	18	2	19000	8550	10000
1209	45	85	19	2,2	21600	9600	9000
1210	50	90	20	2	22900	10800	8500
1211	55	100	21	2,5	26500	13300	7500
1212	60	110	22	2,5	30200	15500	6700
1213	65	120	23	2,5	31200	17200	6300
1214	70	125	24	2,5	34500	18700	6000
1215	75	130	25	2,5	39000	21500	5600
Серия диаметров 3, серия ширин 0							
1300	10	35	11	1	7250	2000	22000
1302	15	42	13	1,5	9560	2800	20000
1303	17	47	14	1,5	12500	3660	17000
1304	20	52	15	2	12500	3660	15000
1305	25	62	17	2	17800	6000	13000
1306	30	72	19	2	21200	7700	11000

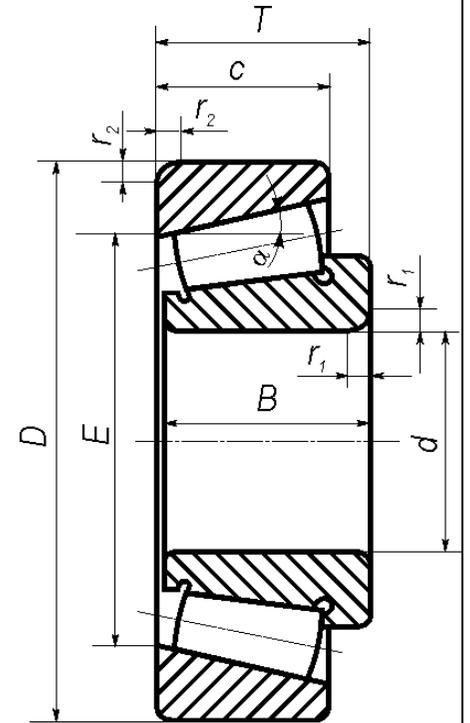


Продолжение таблицы 11.11

Условное обозначение подшипника	Размеры, мм				Динамическая грузоподъемность C_r , Н	Статистическая грузоподъемность C_{or} , Н	Предельная частота вращения, мин ⁻¹
	d	D	B	r			
1307	35	80	21	2,5	25100	9800	9000
1308	40	90	23	2,5	29600	12200	8000
1309	45	100	25	2,5	37700	15900	7500
1310	50	110	27	3	43600	17500	6700
1311	55	120	29	3	50700	22500	6000
1312	60	130	31	3,5	57200	26500	5300
1313	65	140	33	3,5	61800	29500	5000
1314	70	150	35	3,5	74100	35500	5800

Таблица 11.12 – Подшипники роликовые конические однорядные повышенной грузоподъемности. Основные размеры (по ГОСТ 27365–87)

Обозначения	Размеры, мм							Грузоподъемность, кН		Факторы нагрузки		
	d	D	T	b	c	r	r_1	C_r	C_{or}	e	Y	Y_0
Серия диаметров 2, серия ширин 0												
7204	20	47	15,5	14	12	1,5	0,5	21,0	13,0	0,36	1,67	0,92
7205	25	52	16,5	15	13			24,0	17,5	0,36	1,67	0,92
7206	30	62	17,5	16	14			31,0	22,0	0,36	1,65	0,91
7207	35	72	18,5	17	15	2,0	0,8	38,5	26,0	0,37	1,62	0,89
7208	40	80	20,0	20	16			46,5	32,6	0,38	1,56	0,86
7209	45	85	21,0	19	16			50,0	33,0	0,41	1,45	0,80
7210	50	90	22,0	21	17	2,0	0,8	56,0	40,0	0,37	1,60	0,88
7211	55	100	23,0	21	18	2,5		65,0	46,0	0,41	1,46	0,80
7212	60	110	24,0	23	19			78,0	58,0	0,35	1,71	0,94
7214	70	125	26,5	26	21			96,0	82,0	0,37	1,62	0,89
7215	75	130	27,5	26	22			107,0	84,0	0,39	1,55	0,85
Серия диаметров 3, серия ширин 0												
7304	20	52	16,5	16	13	2,0	0,8	26,0	17,0	0,3	2,03	1,11
7305	25	62	18,5	17	15			33,0	23,2	0,36	1,66	0,92
7306	30	72	21,0	19	17			43,0	29,5	0,34	1,78	0,98
7307	35	80	23,0	21	18	2,5		54,0	38,0	0,32	1,88	1,03
7308	40	90	25,5	23	20			66,0	47,0	0,28	2,16	1,19
7309	45	100	27,5	26	22			83,0	60,0	0,29	2,09	1,15
7310	50	110	29,5	29	23	3,0	1,0	100,0	75,5	0,31	1,94	1,06
7311	55	120	32,0	29	25			107,0	81,5	0,33	1,80	0,99



Продолжение таблицы 11.12

Обозначения	Размеры, мм						Грузоподъемность, кН		Факторы нагрузки			
	d	D	T	b	c	r	r_l	C_r	C_{or}	e	Y	Y_0
7312	60	130	34,0	31	27	3,5	1,2	128,0	96,5	0,30	1,97	1,08
7313	65	140	36,5	33	28			146,0	112,0	0,30	1,97	1,08
7314	70	150	38,5	37	30			170,0	137,0	0,31	1,94	1,06
7315	75	160	40,5	37	31			180,0	148,0	0,33	1,83	1,01

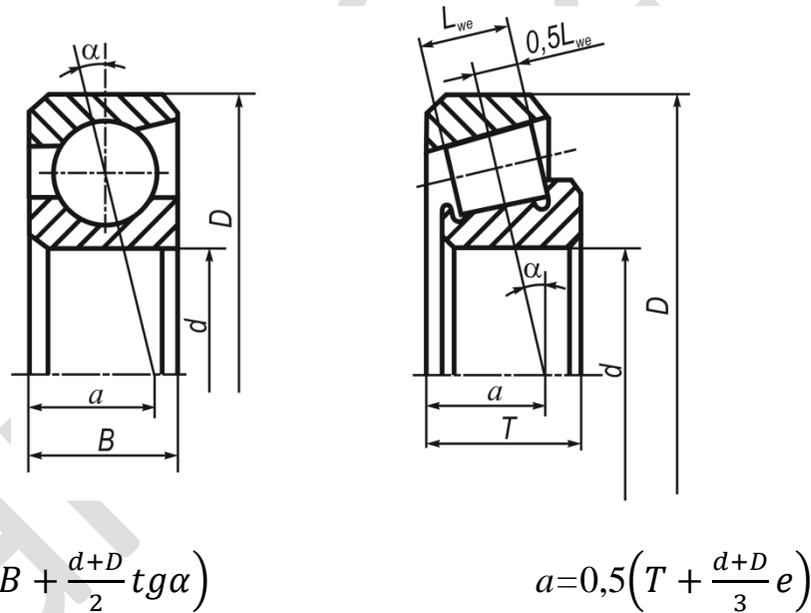
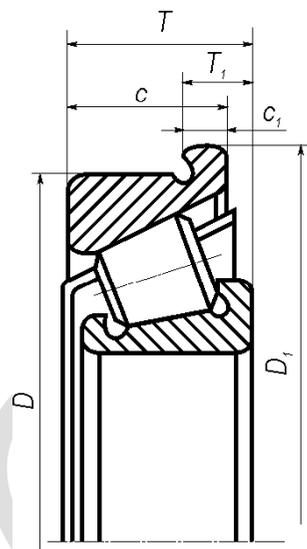


Рисунок 11.1 – Определение точек приложения реакций в радиально-упорных подшипниках

Таблица 11.13 – Подшипники роликовые конические однорядные с большим углом конуса (обозначения по рисунку к таблице 11.12). Серии диаметров 3, серии ширин 0 ($\alpha=20-30^\circ$)

Обозначение	Размеры, мм							α , град (прибл.)	Грузоподъемность, кН		Факторы нагрузки		
	d	D	T	b	c	r	r_1		C_r	C_{or}	e	Y	Y_0
27306	30	72	21	19	14	2,0	0,8	26	35,0	20,6	0,72	0,833	0,46
27307	35	80	23	21	15	2,5		28	45,0	29,0	0,79	0,76	0,42
27308	40	90	25,5	23	17			28	56,0	37,0	0,79	0,76	0,42
27310	50	110	29,5	27	19	3,0	1,0	28	80,0	53,0	0,8	0,75	0,41
27311	55	120	32	29	21			29	92,0	58,0	0,81	0,74	0,50
27312	60	130	34	31	22	3,5	1,2	25	105,0	61,0	0,7	0,86	0,47
27313	65	140	36,5	33	23			27	120,0	70,0	0,75	0,8	0,44
27315	75	160	40,5	37	26			29	150,0	93,5	0,83	0,73	0,40

Таблица 11.14 – Подшипники роликовые конические однорядные с упорным бортом на наружном кольце
(по ГОСТ 27365–87)



Обозначение	Размеры, мм										Грузоподъемность, кН		Факторы нагрузки		
	d	D	D_1	T	b	c	H	h	r	r_1	C_r	C_{or}	e	Y	Y_0
67204	20	47	51	15,5	14	12	6,5	3	1,5	0,5	21,0	13,0	0,36	1,67	0,92
67207	35	72	77	18,5	17	15	7,5	4	2,0	0,8	38,5	26,0	0,37	1,62	0,89
67208	40	80	85	20,0	20	16	8,0	4			46,5	32,0	0,38	1,56	0,86
67510	50	90	96	25,0	23,5	20	9,0	4,5	2,5		62,0	53,5	0,42	1,43	0,78
67512	60	110	117	30,0	28	24	11	5			84	75,6	0,39	1,53	0,84
67513	65	120	127	33	31	27	12	6			109	98,9	0,37	1,62	0,89

Таблица 11.15 – Подшипники роликовые радиальные с короткими цилиндрическими роликами (по ГОСТ 8328–75)

Обозначение			Размеры, мм					Грузоподъемность, Н	
Тип			d	D	B	r	r_1	C_r	C_{Or}
2000	32000	42000							
Серия диаметров 2, серия ширины 0									
2202	32202	42202	15	35	11	1	0,5	8970	4250
2204	32204	42204	20	47	14	1,5	1,0	14700	7350
–	32205	42205	25	52	15	1,5	1,0	16800	8800
2206	32206	42206	30	62	16	1,5	1,0	22400	12000
2207	32207	42207	35	72	17	2,0	2,0	31900	17600
2208	32208	42208	40	80	18	2,0	2,0	41800	24000
2209	32209	42209	45	85	19	2,0	2,0	44000	25500
2210	32210	42210	50	90	20	2,0	2,0	45700	27500
2211	32211	42211	55	100	21	2,5	2,5	565100	34000
2212	32212	42212	60	110	22	2,5	2,5	64400	43000
2213	32213	42213	65	120	23	2,5	2,5	76500	51000
2214	32214	–	70	125	24	2,5	2,5	79200	51000
2215	32215	42215	75	130	25	2,5	2,5	91300	63000

Продолжение таблицы 11.15

Обозначение			Размеры, мм					Грузоподъемность, Н	
Тип			d	D	B	r	r_1	C_r	C_{or}
2000	32000	42000							
Серия диаметров 3, серия ширин 0									
2305	–	42305	25	52	17	2,0	2,0	28600	15000
2306	32306	42306	30	72	19	2,0	2,0	36900	20000
2307	–	42307	35	80	21	2,5	2,0	44600	27000
2308	32308	42308	40	90	23	2,5	2,5	56100	32500
2309	32309	–	45	100	25	2,5	2,5	72100	41500
2310	32310	42310	50	110	27	3,0	3,0	88000	52000
2311	32311	42311	55	120	29	3,0	3,0	102000	67000
2312	32312	42312	60	130	31	3,5	3,5	123000	76500
2313	32313	42313	65	140	33	3,5	3,5	138000	85000

Таблица 11.16 – Значения коэффициента K_e , характеризующего интенсивность типовых режимов нагружения

Режим работы	0	I	II	III	IV	V
K_e	1,0	0,8	0,63	0,56	0,5	0,4

Таблица 11.17 – Значения коэффициента минимальной осевой нагрузки e' для регулируемых радиально-упорных подшипников

Тип подшипника		e'
Конические	$\alpha=12-36^0$	$0,83e$
Шариковые	$\alpha=12^0$	$0,57(F_r/C_{0r})^{0,22}$
	$\alpha=15^0$	$0,58(F_r/C_{0r})^{0,14}$
	$\alpha \geq 18^0$	e

Таблица 11.18 – Значение температурного коэффициента K_T

$t_{раб}, ^\circ\text{C}$	≤ 100	125	150	175	200	225	250
K_T	1,0	1,05	1,1	1,15	1,25	1,35	1,4

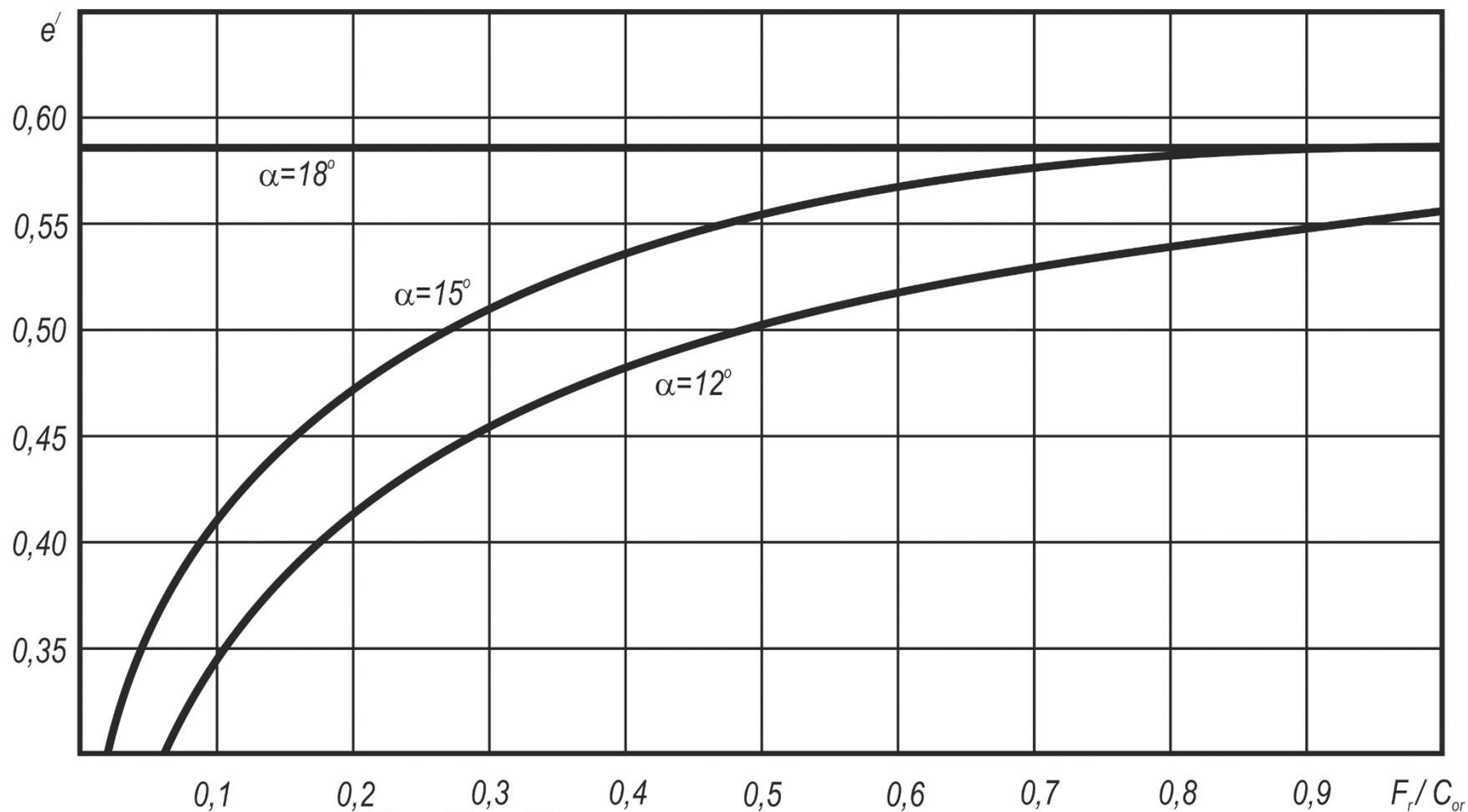


Рисунок 11.2 – Графики для определения коэффициента минимальной осевой нагрузки e'

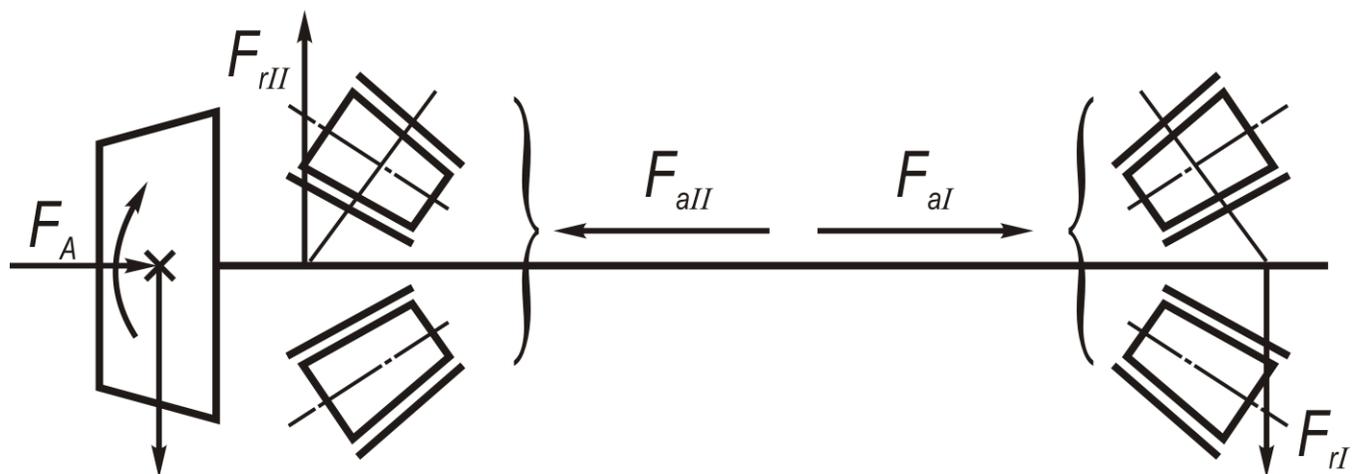


Рисунок 11.3 – Схема установки конических подшипников на валу конической шестерни

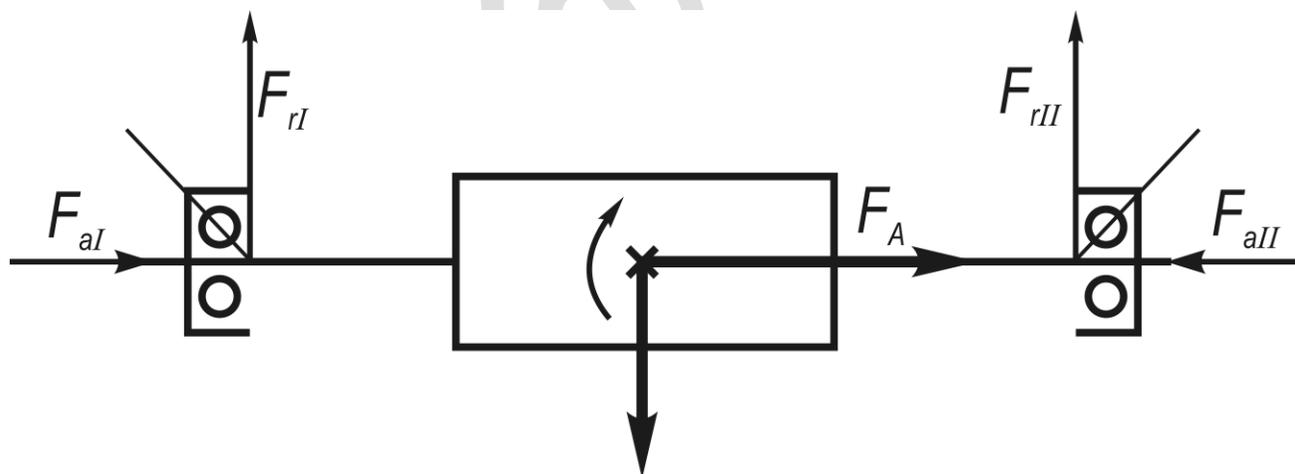


Рисунок 11.4 – Схема установки радиально-упорных шариковых подшипников на валу червяка

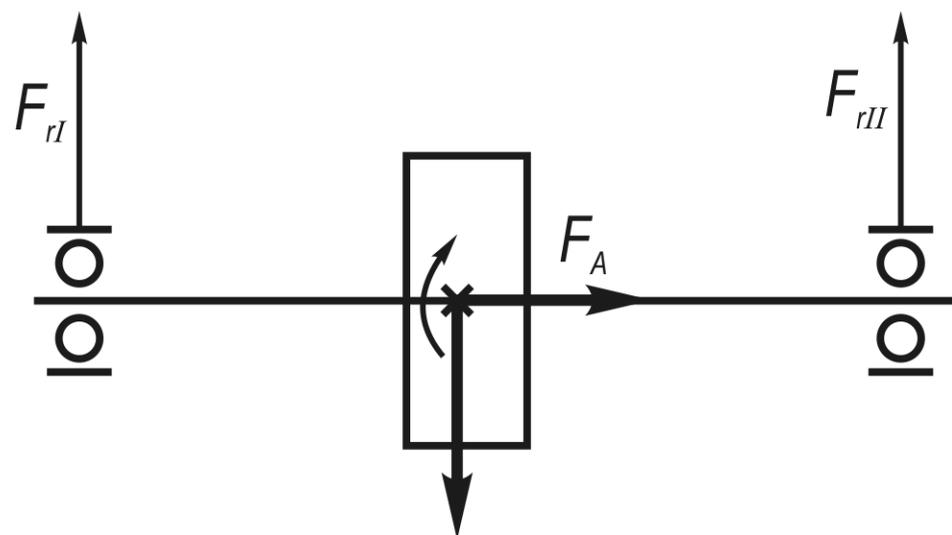


Рисунок 11.5 – Схема установки радиальных шариковых подшипников на валу цилиндрической шестерни

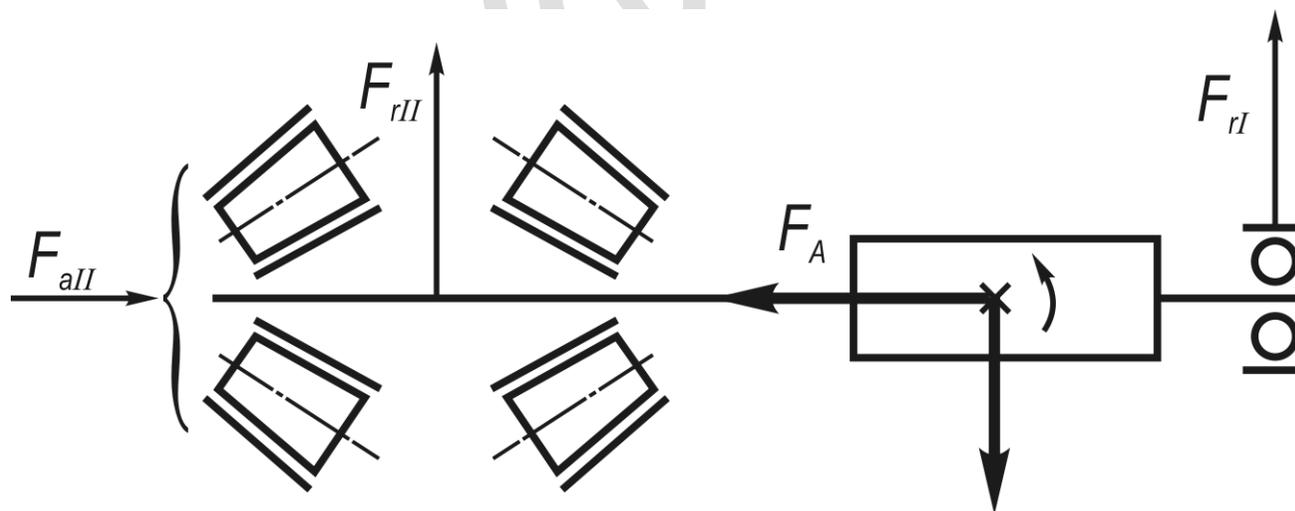


Рисунок 11.6 – Схема установки сдвоенных конических подшипников на валу червяка

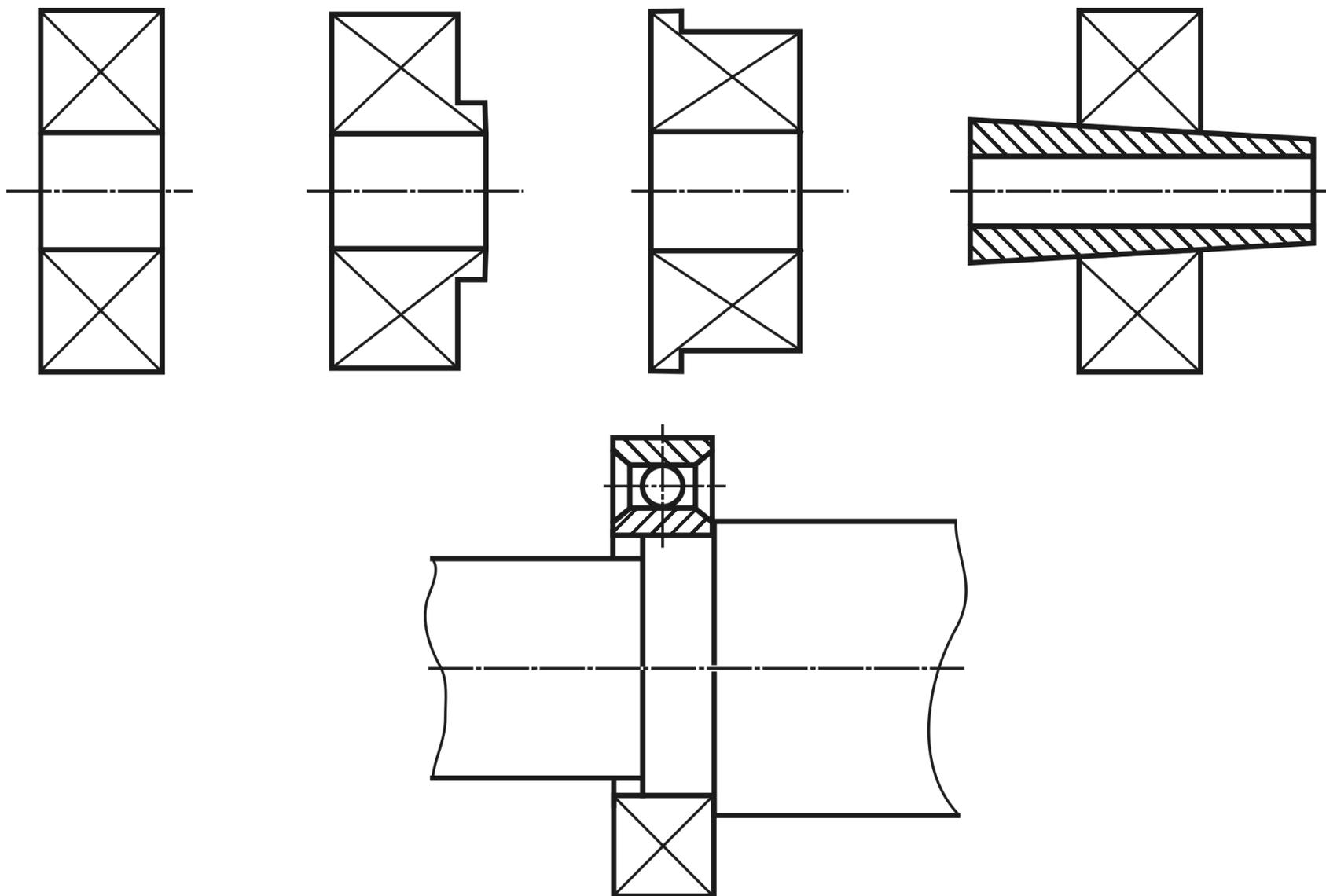


Рисунок 11.7 – Упрощенное изображение подшипников качения на сборочных чертежах (по ГОСТ 2.420–69)

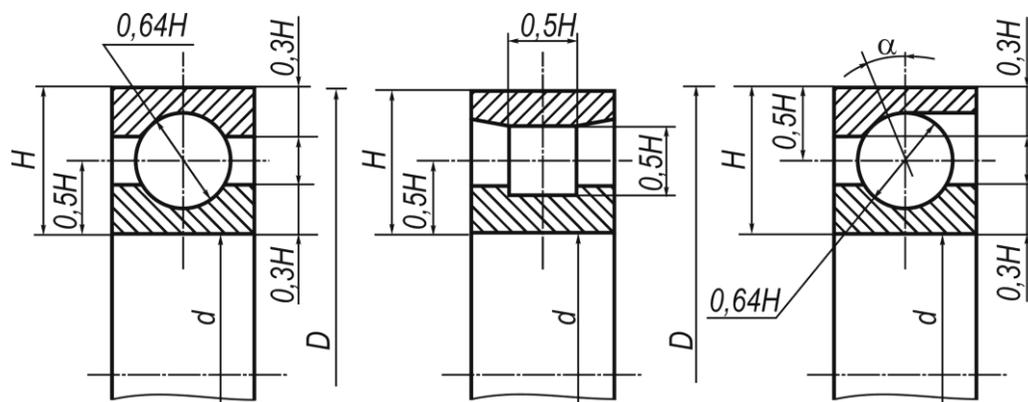


Рисунок 11.8 – Вычерчивание внутренней конструкции подшипников качения

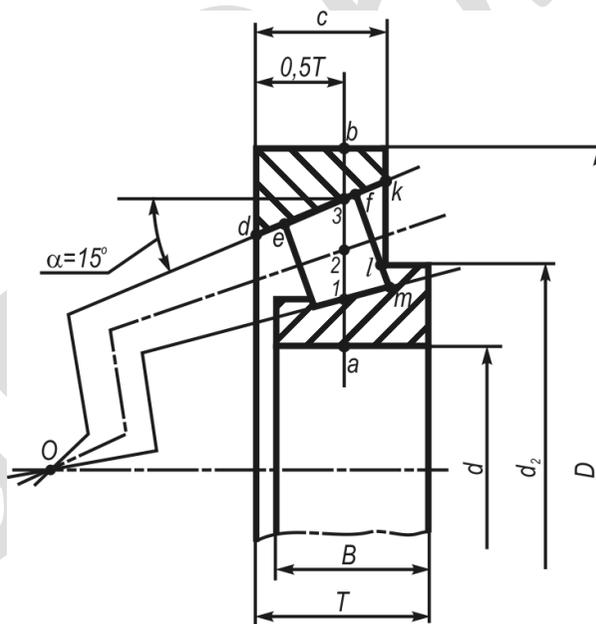


Рисунок 11.9 – Вычерчивание внутренней конструкции роликовых конических подшипников

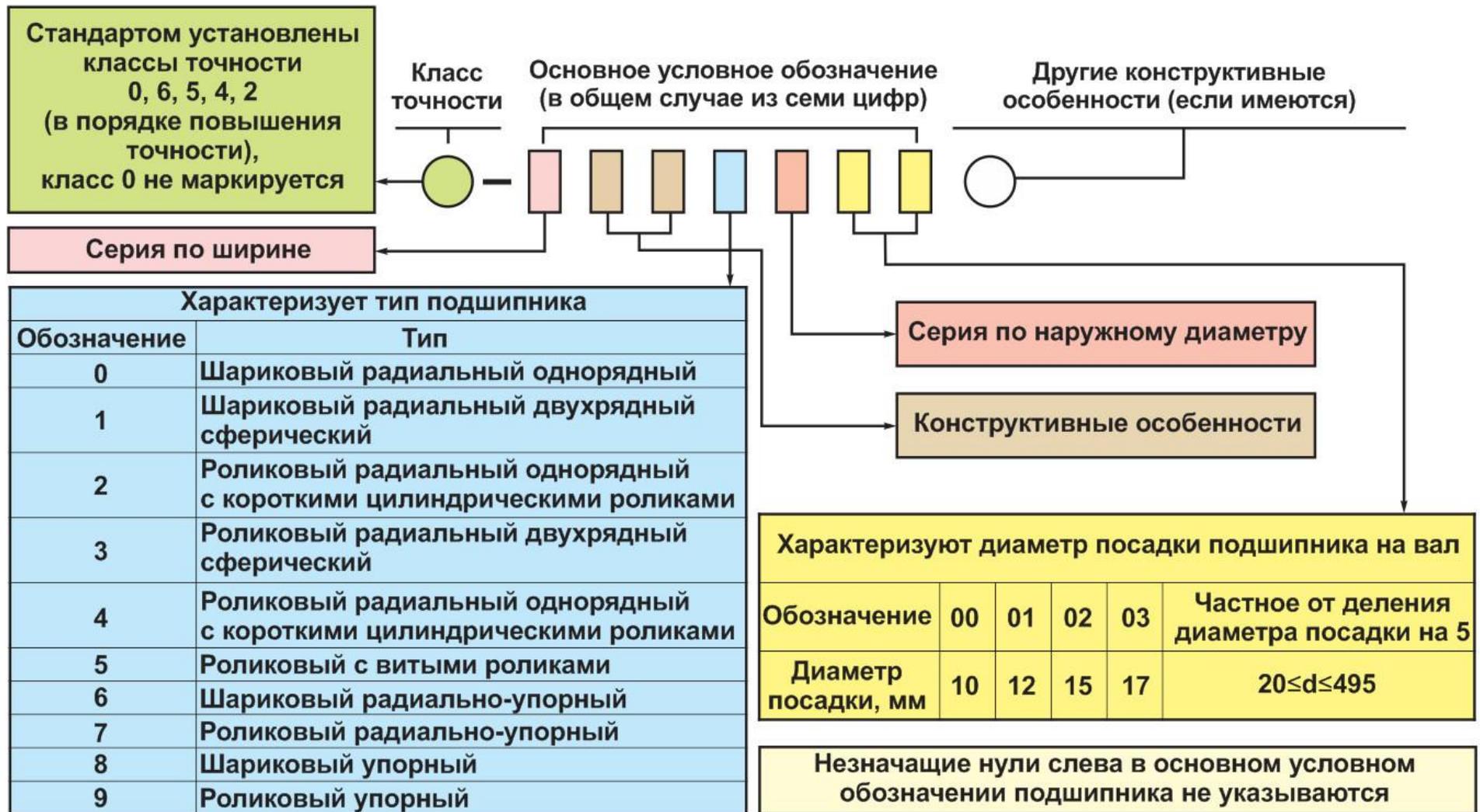


Рисунок 11.10 – Структура полного обозначения подшипников качения

12 РЕДУКТОРЫ

Таблица 12.1 – Значения горизонтального размера литого перехода стенки корпуса редуктора

Толщина стенки корпуса редуктора δ , мм	8–10	10–15	15–20
x , мм	2–3	3–5	4–5

Таблица 12.2 – Значения ширины фланца k , мм (по ГОСТ 13682–80)

Диаметр резьбового соединения фланцев d_3 , мм		6	8	10	12	16	20	24
k	при болтовом соединении	20	24	28	32	40	48	56
	при винтовом соединении	15	19	23	27	35	43	51

Таблица 12.3 – Высота расположения осей h , мм (ГОСТ 24386–91)

Ряд 1	100 125 160 200 250 315 400 500 630
Ряд 2	112 140 160 180 225 280 355 450 560
Ряд 3	106 118 132 150 170 190 212 236 265 300 335 375 425 475 530 600
Примечание – 1-й ряд следует предпочитать 2-му, 3-му.	

Таблица 12.4 – Основные размеры крышек подшипниковых узлов, мм

Наружный диаметр цилиндрической части крышки D	От 40 до 62	От 62 до 95	От 95 до 145	От 145 до 220
Диаметр болтов d_5	M6	M8	M10	M12
Число болтов z_5 , мм	4	4	6	6
Диаметр отверстий под болты $d_{отв 5}$	7	10	12	15
Толщина крышки δ_2	5	6	7	8

Таблица 12.5 – Размеры мест установки манжеты, мм

$d_{вал}$	d_1	d_2 для манжет						
		типа 1		типа 2				
До 10	$d_{вал}-1,5$	$d_{вал}+1,0$	при высоте манжеты b					
св. 10 до 20	$d_{вал}-2,0$							
св. 20 до 30	$d_{вал}-2,5$		$b=7$	$d_{вал}+9,0$				
св. 30 до 40	$d_{вал}-3,0$		$b=10$	$d_{вал}+11,5$				
св. 40 до 50	$d_{вал}-3,5$		$b=12$	$d_{вал}+12,0$				
св. 50 до 70	$d_{вал}-4,0$	$d_{вал}+1,5$	$b=15$	$d_{вал}+15,0$				
св. 70 до 95	$d_{вал}-4,5$							
св. 95 до 130	$d_{вал}-5,5$	$d_{вал}+2,0$						
св. 130 до 340	$d_{вал}-7,5$							
$d_3=D-3$								
b	5	7	10	12	15	18	22	
b_2	6,5	8,5	12	14,5	18,5	22	25,5	
b_3	1,0	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	

Таблица 12.6 – Основные размеры крышек подшипников

	D	d_5 БОЛТ	z_5 число БОЛТОВ	h_1	δ_2
Крышки накладные	От 40 до 62	M6	4	6	5
	От 62 до 95	M8	4	8	6
	От 95 до 145	M10	6	10	7
	От 145 до 220	M12	6	12	8
	$D_1 = D + 2,5d_5$ $D_2 = D_1 + 2,0d_5$				
Крышки закладные	$\left[\begin{array}{l} l=6...8 \quad (D \leq 100) \\ l=8...10 \quad (D > 100) \end{array} \right.$ $l_1 \geq l$ $c=0,5l$ $D_4 = 1,25D + 10 \text{ мм}$				

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя [Текст]: в 3 т. Т.1–3/ В. И. Анурьев. – М. : Машиностроение, 2006.

2 Гжиров, Р. И. Краткий справочник конструктора [Текст] / Р. И. Гжиров. – Л. : Машиностроение, 1983.

kat@62.ru

КРАВЧЕНКО АНДРЕЙ МИХАЙЛОВИЧ



ДЕТАЛИ МАШИН И ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ

Справочник

Справочное приложение к электронному учебнику

«Кравченко А.М. Детали машин и основы конструирования. – Рязань: РВВДКУ, 2017»