



**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
СОЮЗА ССР**

**ПЕРЕДАЧИ ЗУБЧАТЫЕ КОНИЧЕСКИЕ
С КРУГОВЫМИ ЗУБЬЯМИ**

РАСЧЕТ ГЕОМЕТРИИ

ГОСТ 19326—73

Издание официальное

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СТАНДАРТОВ
СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР**

Москва

**РАЗРАБОТАН Центральным научно-исследовательским институтом
технологии машиностроения**

Директор Зорев Н. Н.
Руководитель темы и исполн.

**Экспериментальным научно-исс
лорезающих станков (ЭНИМС)**

Зам. директора Белов В. С.
Руководители темы и исполнители. Ке,

**ВНЕСЕН Министерством тяжелого,
ного машиностроения**

Зам. министра Сирыи П. О.

**ПОДГОТОВЛЕН К УТВЕРЖДЕНИЮ Всесою
зельским институтом по нормализации в ма
(ВНИИНМАШ)**

Директор Верченко В. Р.

**УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постан
венного комитета стандартов Совета Минис
кабря 1973 г. № 2816**

**ПЕРЕДАЧИ ЗУБЧАТЫЕ КОНИЧЕСКИЕ
С КРУГОВЫМИ ЗУБЬЯМИ****Расчет геометрии**

Spiral bevel gear pairs.
Calculation of geometry

**ГОСТ
19326—73**

Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 27 декабря 1973 г. № 2816 срок действия установлен

с 01.01 1975 г.
до 01.01. 1980 г.

Настоящий стандарт распространяется на передачи зубчатые конические обкатные с круговыми зубьями внешнего зацепления с межосевыми углами от 10 до 150°, углом наклона зуба от 0 до 45° с прямолинейным профилем исходного контура.

Стандарт устанавливает метод расчета геометрических параметров зубчатой передачи, а также геометрических параметров зубчатых колес, приводимых на рабочих чертежах.

Стандарт не распространяется на передачи специального назначения (ведущих мостов автомобилей и тракторов и др.).

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Принципиальная схема расчета геометрии приведена на чертеже.

1.2. Термины и обозначения, примененные в настоящем стандарте, соответствуют ГОСТ 16530—70 и ГОСТ 19325—73.

1.3. Наименования параметров, приводимые на рабочих чертежах зубчатых колес, выделены в таблицах настоящего стандарта полужирным шрифтом.

1.4. При отсутствии в обозначениях параметров индексов «1» и «2», относящихся соответственно к шестерне и колесу, имеется в виду любое зубчатое колесо передачи.

1.5. При отсутствии дополнительных указаний везде, где упоминается профиль зуба, имеется в виду профиль в нормальном расчетном сечении.

1.6. Расчетом определяются номинальные размеры зубчатой передачи и зубчатых колес.

1.7. Вычисления по формулам стандарта и приложений к нему, за исключением случаев специально отмеченных, должны производиться со следующей точностью:

линейные размеры — с точностью не ниже 0,0001 мм;

отвлеченные величины — с точностью не ниже 0,0001;

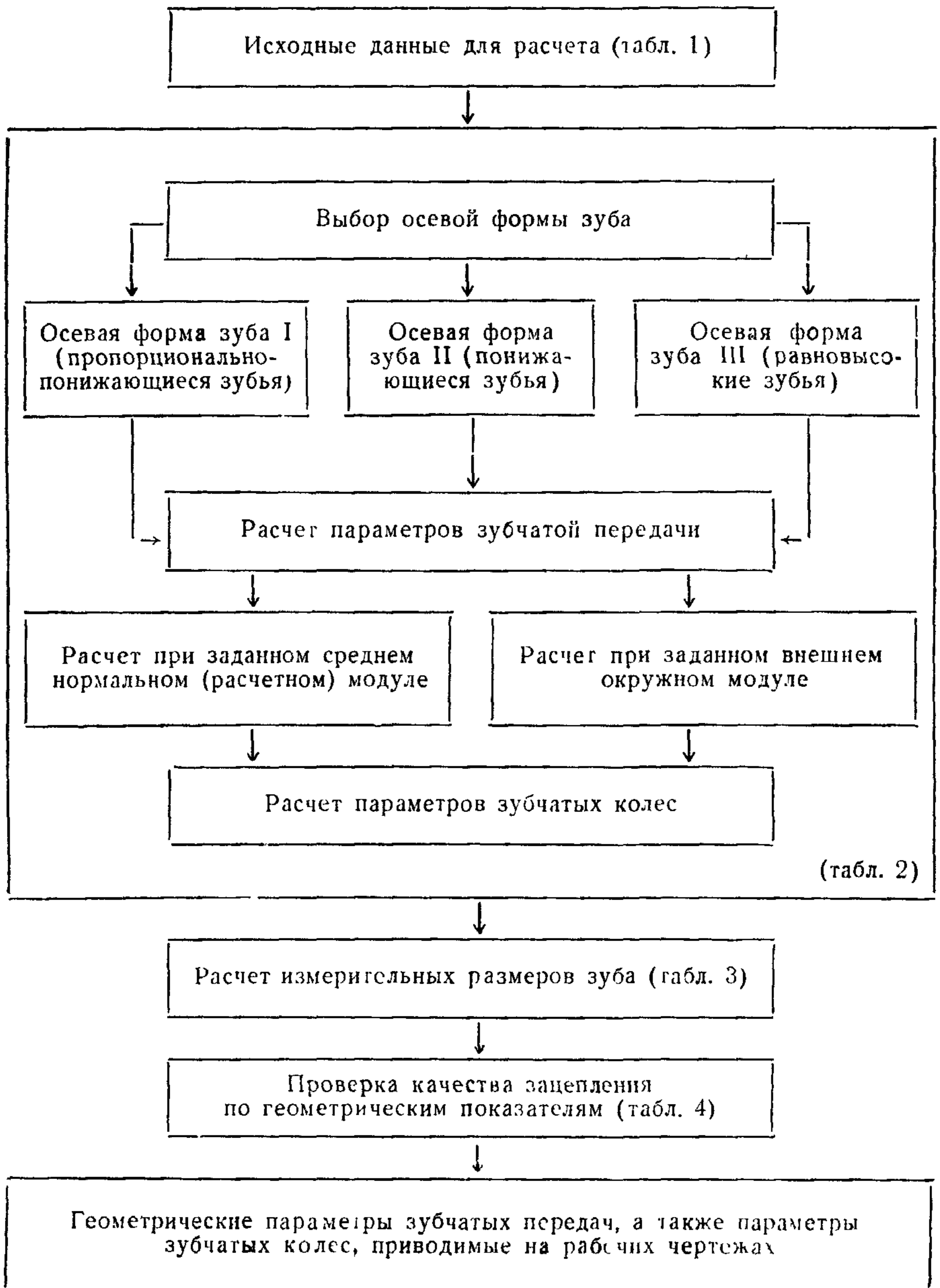
угловые размеры — с точностью не ниже 1';

тригонометрические величины — с точностью не ниже 0,00001;

передаточные числа, числа зубьев эквивалентных зубчатых колес, коэффициенты смещения и коэффициенты изменения толщины зуба — с точностью не ниже 0,01.

1.8. Примеры расчета приведены в приложении 7.

Принципиальная схема расчета геометрии



2. РАСЧЕТ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Таблица 1

Исходные данные для расчета

Наименования параметров		Обозначения
Число зубьев	шестерни	z_1
	колеса	z_2
Модуль	средний нормальный (расчетный)	m_n
	внешний окружной	m_{te}
Угол наклона зуба средний (расчетный)		β_n
Направление линии зуба	шестерни	—
	колеса	—
Межосевой угол		Σ
Средний нормальный исходный контур	Угол профиля	α_n
	Коэффициент высоты головки зуба	h_a^*
	Коэффициент радиального зазора	c^*
	Коэффициент радиуса кривизны переходной кривой в граничной точке профиля зуба	ρ_f^*

Примечания:

1. Рекомендации по выбору исходных данных приведены в приложении 1.
2. В качестве исходного для расчета может приниматься средний нормальный (расчетный) модуль m_n или внешний окружной модуль m_{te} .

Расчет основных геометрических параметров

Наименования параметров	Обозначения	Расчетные формулы и указания
Выбор осевой формы зуба		
1. Число зубьев плоского колеса	z_c	$z_c = \frac{1}{\sin \Sigma} \sqrt{z_1^2 + z_2^2 + 2z_1z_2 \cos \Sigma} .$ При $\Sigma = 90^\circ$ $z_c = \sqrt{z_1^2 + z_2^2} .$
2. Среднее конусное расстояние (при заданном m_n)	R	$R = \frac{m_n z_c}{2 \cos \beta_n}$
3. Внешнее конусное расстояние (при заданном m_{te})	R_e	$R_e = \frac{m_{te} z_c}{2}$
4. Выбор осевой формы зуба	—	
5. Номинальный диаметр зуборезной головки (шлифовального круга)	d_0	Рекомендации по выбору осевой формы зуба и диаметра d_0 приведены в приложении 2
Расчет параметров зубчатой передачи		
6. Угол делительного конуса	δ	$\operatorname{tg} \delta_1 = \frac{\sin \Sigma}{\frac{z_2}{z_1} + \cos \Sigma}; \quad \delta_2 = \Sigma - \delta_1.$ При $\Sigma = 90^\circ$ $\operatorname{tg} \delta_1 = \frac{z_1}{z_2}, \quad \delta_2 = 90^\circ - \delta_1.$ При $\Sigma \neq 90^\circ$ углы δ определяются с точностью до 2". Углы δ должны находиться в пределах 5—85°.

Наименования параметров	Обозначения	Расчетные формулы и указания	
7. Ширина зубчатого венца	b	<p>1. Рекомендуется принимать $b \leq 0,35R$ или $b \leq 0,3R_e$ и $b \leq 14m_n$ или $b \leq 10m_{te}$. Исключение составляют зубчатые колеса любых модулей с $\beta_n < 20^\circ$, зубчатые колеса с $m_n \leq 2$ мм, а также зубчатые колеса с осевой формой зуба III, для которых ширина зубчатого венца не должна превосходить $0,3R$ или $0,25R_e$ и $12m_n$ или $8m_{te}$.</p> <p>Вычисленные значения b при $m_n > 1$ мм округляют до целого числа, а при $m_n \leq 1$ мм — до 0,5 мм и сопоставляют с допустимыми для выбранного диаметра зуборезной головки (табл 2 приложения 2).</p> <p>2. Для передач с параметрами по ГОСТ 12289—66 ширину зубчатого венца принимать по указанному стандарту</p>	
8. Передаточное число	u	$u = \frac{z_2}{z_1}$	
9. Передаточное число эквивалентной конической передачи	u_{vb}	$u_{vb} = \sqrt{u \frac{\cos \delta_1}{\cos \delta_2}}$	Определяется для передач с $\Sigma \neq 90^\circ$
10. Число зубьев эквивалентной конической шестерни	z_{vb1}	$z_{vb1} = \frac{z_1}{\cos \delta_1} \cdot \frac{u_{vb}}{\sqrt{1+u_{vb}^2}}$	Определяется для передач с $\Sigma \neq 90^\circ$
11. Коэффициент смещения у шестерни	x_{n1}	Рекомендации по выбору величин x_{n1} и x_{t1} приведены в приложении 3	
12. Коэффициент изменения расчетной толщины зуба шестерни	x_{t1}		

Наименования параметров	Обозначения	Расчетные формулы и указания
Расчет при заданном среднем нормальном (расчетном) модуле		
13. Развод резцов зуборезной головки для чистовой двухсторонней обработки колеса	W_2	<p>Если m_n и $x_{\tau 1}$ приняты по табл. 2 приложения 1, то W_2 принимается по этой же таблице.</p> <p>В других случаях:</p> $W_2' = m_n [0,5\pi - 2(h_a^* + c^*) \operatorname{tg} \alpha_n + x_{\tau 1}].$ <p>Вычисленное значение W_2' рекомендуется округлить до ближайшего значения по табл. 2 приложения 1 или до имеющегося в производстве, соблюдая следующие условия:</p> <p>а) при $x_{\tau 1} = 0$ и $m_n > 1$ мм</p> $0,06 m_n \geq (W_2' - W_2) > -0,02 m_n;$ <p>при $x_{\tau 1} = 1$ и $m_n \leq 1$ мм</p> $0,1 m_n > (W_2' - W_2) > -0,02 m_n.$ <p>кроме того, вычисляется поправка на высоту ножки зуба</p> $\delta h_f = 0,5(W_2' - W_2) \operatorname{ctg} \alpha_n;$ <p>б) при $x_{\tau 1} \neq 0$ и $m_n \geq 2$ мм</p> $0,05 m_n > (W_2' - W_2) > -0,05 m_n.$ <p>кроме того, уточняется принятое в п 12 значение $x_{\tau 1}$ по формуле:</p> $x_{\tau 1} = \frac{W_2}{m_n} - 0,5\pi + 2(h_a^* + c^*) \operatorname{tg} \alpha_n.$

Наименования параметров	Обозначения	Расчетные формулы и указания
		<p>Если приведенные в подпунктах <i>a</i> и <i>b</i> неравенства не соблюдаются, то вычисляют новое значение m_n по формуле</p> $m_n = \frac{W_2}{0,5\pi - 2(h_a^* + c^*)\operatorname{tg}\alpha_n + x_{\tau 1}}$ <p>По полученному значению m_n уточняется значение R (п. 2) и проводится последующий расчет</p>
14. Расстояние от внешнего торца до расчетного сечения	l_e	$l_e = 0,5b.$ <p>Если необходимо сохранить предварительно заданные габаритные размеры передачи, определяемые R'_e и m'_{te} при принятых для расчетного сечения m_n и β_n, то допускается расчетное сечение сместить относительно середины ширины зубчатого венца, определяя его положение по одной из формул:</p> $l_e = R'_e - R; \quad l_e = 0,5\pi z_c \left(m'_{te} - \frac{m_n}{\cos\beta_n} \right).$ <p>При этом величина l_e должна быть в пределах $(0,4 \div 0,6) b$. Если это условие не соблюдается, то следует изменить исходные данные для расчета, например β_n</p>
15. Внешнее конусное расстояние	R_e	$R_e = R + l_e$
16. Внешний окружной модуль	m_{te}	$m_{te} = \frac{2R_e}{z_c}$

Наименования параметров	Обозначения	Расчетные формулы и указания
Расчет при заданном внешнем окружном модуле		
17. Развод резцов зуборезной головки для чистовой двухсторонней обработки колеса	W_2	$W_2 = \left(m_{te} - K_l \frac{b}{z_c} \right) [0,5\pi - 2(h_a^* + c^*) \operatorname{tg} \alpha_n + x_{\tau 1}] \cos \beta_n$ <p>Первоначальный расчет производят при $K_l = 1$, что соответствует расположению расчетного сечения по середине ширины зубчатого венца. Вычисленное значение округляется до значения по ГОСТ 11902—66 или до имеющегося в производстве.</p> <p>Если в результате расчета выявилась необходимость указанного округления и при этом одновременно требуется сохранить неизменным m_{te}, то это может быть достигнуто за счет увеличения или уменьшения $x_{\tau 1}$ не более чем на 0,05 и β_n (при его первоначальном значении свыше 25°) не более чем на 3°, а также изменения K_l в пределах 0,8—1,2. Изменение указанных параметров может быть произведено по отдельности или в их сочетании.</p> <p>Весь последующий расчет выполняют с учетом новых значений $x_{\tau 1}$ и β_n принятого K_l.</p>
18 Расчетный модуль	m_n	$m_n = \left(m_{te} - K_l \frac{b}{z_c} \right) \cos \beta_n$
19 Среднее конусное расстояние	R	$R = \frac{m_n z_c}{2 \cos \beta_n}$
20 Расстояние от внешнего торца до расчетного сечения	l_e	$l_e = R_e - R$

Наименования параметров	Обозначения	Расчетные формулы и указания		
Расчет параметров зубчатых колес				
21. Высота ножки зуба в расчетном сечении	h_f	Осевая форма зуба I	Осевая форма зуба II	Осевая форма зуба III
		$h_{f1} = (h_a^* + c^* - x_{n1}) m_n + \delta h_f;$ $h_{f2} = (h_a^* + c^* + x_{n1}) m_n + \delta h_f.$ <p>Поправка δh_f вводится только при $x_{\tau 1} = 0$ и двухсторонней обработке колеса и принимается по табл. 2 приложения I или вычисляется по п. 13 настоящей таблицы</p>		
22. Нормальная толщина зуба в расчетном сечении	s_n	$s_{n1} = (0,5\pi + 2x_{n1} \operatorname{tg} \alpha_n + x_{\tau 1}) m_n;$ $s_{n2} = \pi m_n - s_{n1}$		
23. Сумма углов ножек зубьев шестерни и колеса	$\Theta_{f\Sigma}$	Осевая форма зуба I	Осевая форма зуба II	Осевая форма зуба III
		<p style="text-align: center;">—</p> <p>При $\beta_n = 0$</p> $\Theta_{f\Sigma} = \frac{10800}{z_c \operatorname{tg} \alpha_n} \text{ (в минутах)}$ <p>Угол $\Theta_{f\Sigma}$ не должен быть больше 900'.</p> <p>При $\beta_n \neq 0$</p> $\Theta_{f\Sigma} = \frac{K}{\sin \beta_n} \text{ (в минутах),}$ <p>где $K = \frac{10800 \operatorname{tg} \beta_n}{z_c \operatorname{tg} \alpha_n} \times$ $\times \left(1 - \frac{2R \sin \beta_n}{d_o} \right).$</p> <p style="text-align: right;">$\Theta_{f\Sigma} = 0$</p>		

Наименования параметров	Обозначения	Расчетные формулы и указания		
			<p>Значение K должно находиться в пределах 0—500 (см. приложение 4).</p> <p>Значение K при $m_n \geq 2$ мм рекомендуется округлять кратно 20</p>	
24. Угол ножки зуба	Θ_f	Осевая форма зуба I	Осевая форма зуба II	Осевая форма зуба III
		$\operatorname{tg} \Theta_{f1} = \frac{h_{f1}}{R};$ $\operatorname{tg} \Theta_{f2} = \frac{h_{f2}}{R}$	$\Theta_{f1} = \Theta_{f\Sigma} \left(0,5 - \frac{2}{\pi} \times \right.$ $\left. \times x_{n1} \operatorname{tg} \alpha_n \right);$ $\Theta_{f2} = \Theta_{f\Sigma} - \Theta_{f1};$ <p>Углы $\Theta_{f\Sigma}$, Θ_{f1} и Θ_{f2} — в минутах</p>	$\Theta_f = 0$
25. Угол головки зуба	Θ_a	$\Theta_{a1} = \Theta_{f2};$ $\Theta_{a2} = \Theta_{f1}$	$\Theta_{a1} = K_{a1} \Theta_{f2};$ $\Theta_{a2} = K_{a2} \Theta_{f1}.$ <p>Коэффициенты K_{a1} и K_{a2} при исходном контуре по ГОСТ 16202—70 рекомендуется определять по табл. 2 приложения 4.</p> <p>Если необходимо иметь постоянное значение радиального зазора вдоль ширины</p>	$\Theta_a = 0$

Наименования параметров	Обозначения	Расчетные формулы и указания		
			венца, то $K_a = 1$. При этом необходимо проверить степень сужения толщины зуба на поверхности вершин (см. табл. 4)	
26. Увеличение высоты головки зуба при переходе от расчетного сечения на внешний торец	Δh_{ae}	Осевая форма зуба I	Осевая форма зуба II	Осевая форма зуба III
		$\Delta h_{ae} = l_e \operatorname{tg} \Theta_a$		
27. Увеличение высоты ножки зуба при переходе от расчетного сечения на внешний торец	Δh_{fe}	$\Delta h_{fe} = l_e \operatorname{tg} \Theta_f$		
28. Уменьшение высоты головки зуба в расчетном сечении	δh_a	$\delta h_a = 0$	$\delta h_{a1} = (b - l_e) \times (\operatorname{tg} \Theta_{f2} - \operatorname{tg} \Theta_{a1})$ $\delta h_{a2} = (b - l_e) \times (\operatorname{tg} \Theta_{f1} - \operatorname{tg} \Theta_{a2})$	$\delta h_{ae} = 0$
29. Высота головки зуба в расчетном сечении	h_a	$h_{a1} = (h_a^* + x_{n1}) m_n - \delta h_{a1}; h_{a2} = (h_a^* - x_{n1}) m_n - \delta h_{a2}$		
30. Внешняя высота головки зуба	h_{ae}	$h_{ae} = h_a + \Delta h_{ae}$		
				$h_{ae} = h_a$

Наименования параметров	Обозначения	Расчетные формулы и указания		
31. Внешняя высота ножки зуба	h_{fe}	Осевая форма зуба I	Осевая форма зуба II	Осевая форма зуба III
		$h_{fe} = h_f + \Delta h_{fe}$		
32. Внешняя высота зуба	h_e	$h_e = h_{ae} + h_{fe}$		
33. Угол конуса вершин	δ_a	$\delta_a = \delta + \Theta_a$		$\delta_a = \delta$
34. Угол конуса впадин	δ_f	$\delta_f = \delta - \Theta_f$		$\delta_f = \delta$
35. Средний делительный диаметр	d	$d = \frac{m_n z}{\cos \beta_n}$		
36. Внешний делительный диаметр	d_e	$d_e = m_{te} z$		
37. Внешний диаметр вершин зубьев	d_{ae}	$d_{ae} = d_e + 2h_{ae} \cos \delta$		

Наименования параметров	Обозначения	Расчетные формулы и указания		
		Осевая форма зуба I	Осевая форма зуба II	Осевая форма зуба III
38. Расстояние от вершины до плоскости внешней окружности вершин зубьев	B		$B = R_e \cos \delta - h_{ae} \sin \delta.$	
		При $\Sigma = 90^\circ$	$B_1' = 0,5 d_{e2} - h_{ae1} \sin \delta_1;$ $B_2 = 0,5 d_{e1} - h_{ae2} \sin \delta_2.$	
		Значение $\cos \delta$ принимается с точностью не ниже 0,000001		

Примечания:

1. При заданном среднем нормальном модуле расчет не производится по пп 3, 17, 18, 19 и 20; при заданном внешнем окружном модуле расчет не производится по пп 2, 13, 14, 15 и 16
2. При чистовой обработке колеса отдельно выпуклой и вогнутой сторон зубьев расчет по пп. 13 и 17 не производится.
3. Расчетные формулы и указания по пп. 23—25 для осевой формы зуба II являются факультативными

Расчет измерительных размеров зуба

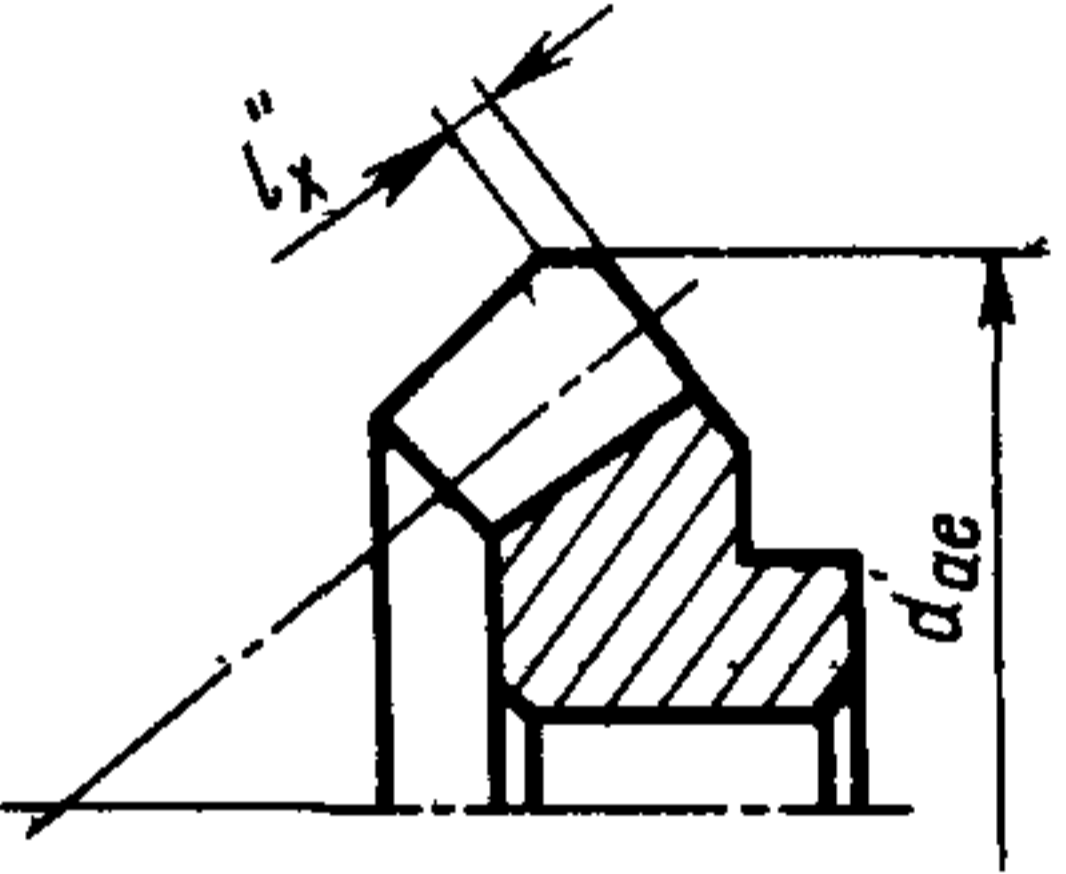
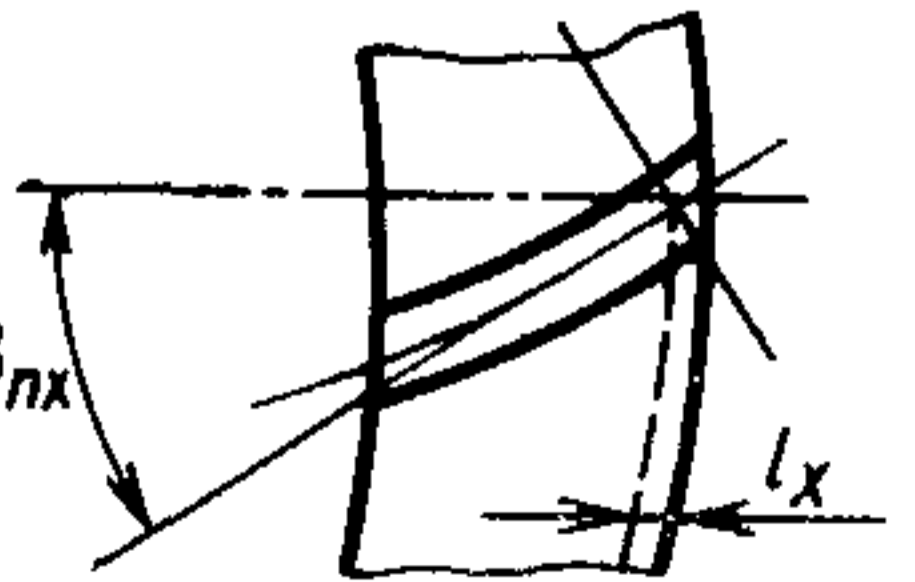
Наименования параметров	Обозначения	Расчетные формулы и указания
Расчет постоянной хорды зуба и высоты до постоянной хорды в расчетном сечении		
1. Постоянная хорда зуба	\bar{s}_c	$\bar{s}_c = s_n \cos^2 \alpha_n$, где s_n — по табл. 2, п. 22
2. Высота до постоянной хорды зуба	\bar{h}_c	$\bar{h}_c = h_a - 0,25 s_n \sin 2\alpha_n$, где h_a — по табл. 2, п. 29
Расчет делительной толщины зуба по хорде и высоты до хорды в расчетном сечении		
3. Половина угловой толщины зуба в нормальном сечении	ψ_n	$\psi_n = \frac{s_n \cos \delta}{m_n z} \cos^3 \alpha_n$, где s_n — по табл. 2, п. 22, δ — по табл. 2, п. 6
4. Коэффициент, зависящий от угловой толщины зуба в расчетном сечении	$K_{\psi n}$	$K_{\psi n} = 1 - \frac{\psi_n^2}{6}$. Значения $K_{\psi n}$ приведены в табл. 1 приложения 5

Метод измерения рекомендуется для шестерни при любом значении x_{n1} , а для колеса — при $x_{n1} \leq 0,4$

Наименования параметров	Обозначения	Расчетные формулы и указания	
5. Делительная толщина зуба по хорде в расчетном сечении	\bar{s}_n	$\bar{s}_n = s_n K_{\psi n}$	Метод измерения рекомендуется для шестерни при любом значении x_{n1} , а для колеса — при $x_{n1} \leq 0,4$
6. Высота до делительной хорды зуба в расчетном сечении	\bar{h}_a	$\bar{h}_a = h_a + 0,25s_n \psi_n$	
7. Толщина зуба колеса по хорде на концентрической окружности диаметром d_{y2}	\bar{s}_{ny2}	$\bar{s}_{ny2} = s_{n2} K_{\psi n2} + m_n \operatorname{tg} \alpha_n$	Метод измерения рекомендуется для колеса при $x_{n1} > 0,4$, $d_{y2} = d_2 - m_n \cos \delta_2$
8. Высота до хорды зуба колеса на концентрической окружности диаметром d_{y2} в расчетном сечении	\bar{h}_{ay2}	$\bar{h}_{ay2} = h_{a2} + 0,25s_{n2} \psi_{n2} + 0,5m_n$	

Расчет делительной толщины зуба по хорде и высоты до хорды в любом нормальном сечении по ширине зубчатого венца

9. Внешний угол наклона средней линии зуба	β_{ne}	$\sin \beta_{ne} = \frac{R}{R_e} \sin \beta_n + \left(\frac{R_e}{R} - \frac{R}{R_e} \right) \frac{R}{d_0},$ где R_e , R и d_0 — по табл. 2, пп. 2, 3, 5, 15, 19	
10. Внутренний угол наклона средней линии зуба	β_{ni}	$\sin \beta_{ni} = \frac{R}{R_e - b} \sin \beta_n + \left(\frac{R_e - b}{R} - \frac{R}{R_e - b} \right) \frac{R}{d_0},$ где b — по табл. 2, п. 7	

Наименования параметров	Обозначения	Расчетные формулы и указания
11. Расчетное расстояние от внешнего торца до измерительного сечения	l'_x	$l'_x = 0,5s_n \frac{R_e}{R \cos \beta_n} \sin^3 \beta_{ne} \cos^3 \beta_{ne},$ где s_n — по табл. 2, п. 22
12. Величина преднамеренного смещения измерительного сечения	l''_x	Определяют путем построения или рассчитывают по формуле $l''_x = 0,5 (d_{ae} - d'_{ae}) (\operatorname{ctg} \delta_a + \operatorname{tg} \delta) \cos \delta,$ где δ_a и d_{ae} — по табл. 2, пп. 33 и 37 
13. Принятое расстояние от внешнего торца до измерительного сечения	l_x	Больше из двух значений l'_x или l''_x , обозначаемое в дальнейшем расчете через l_x
14. Конусное расстояние до измерительного сечения	R_x	$R_x = R_e - l_x$
15. Угол наклона средней линии зуба в измерительном сечении	β_{nx}	$\sin^3 \beta_{nx} = \frac{R}{R_x} \sin^3 \beta_n + \left(\frac{R_x}{R} - \frac{R}{R_x} \right) \frac{R}{d_0} \beta_{nx}$ 

Наименования параметров	Обозначения	Расчетные формулы и указания	
16 Окружная толщина зуба в торцовом сечении, соответствующем конусному расстоянию R_x	s_{tx}	$s_{tx1} = \frac{W_2 + 2(h_{fe2} - l_{x1} \operatorname{tg} \Theta_{f2}) \operatorname{tg} \alpha_n}{\cos \beta_{nx1}}$ $s_{tx2} = \frac{\pi m_n}{\cos \beta_n} \frac{R_{r2}}{R} - \frac{W_2 + 2(h_{fe2} - l_{x2} \operatorname{tg} \Theta_{f2}) \operatorname{tg} \alpha_n}{\cos \beta_{nx2}},$ <p>где W_2, Θ_{f2}, h_{fe2} — по табл 2, пп 13, 17, 24 и 31</p>	При двухстороннем методе обработки колеса и заданном значении развода резцов
		$s_{tx} = \frac{R_x}{R} \frac{s_n}{\cos \beta_n},$ <p>s_n — по табл. 2, п 22</p>	При одностороннем методе обработки колеса
17 Половина угловой толщины зуба в измерительном сечении	ψ_{nx}	$\psi_{nx} = \frac{s_{tx} R_e \cos \delta}{R_x d_e} \cos^3 \beta_{nx}$ <p>где d_e — по табл 2, п 36</p>	
18 Коэффициент, зависящий от угловой толщины зуба в измерительном сечении	$K_{\psi nx}$	$K_{\psi nx} = 1 - \frac{\psi_{nx}^2}{6}$ <p>Значения $K_{\psi nx}$ приведены в табл 1 приложения 5</p>	
19 Делительная толщина зуба по хорде в измерительном сечении	\bar{s}_x	$\bar{s}_x = s_{tx} K_{\psi nx} \cos \beta_{nx}$ <p>В зависимости от метода обработки колеса в формулу подставляется соответствующее значение s_{tx}, вычисляемое по п 16</p>	
		Метод измерения рекомендуется для шестерни при любом значении x_{n1} , а для колеса при $x_{n1} \leq 0,4$	

Наименования параметров	Обозначения	Расчетные формулы и указания	
20 Коэффициент для расчета высоты до делительной хорды зуба в измерительном сечении	K_{hx}	$K_{hx} = 0,25 \cos \vartheta_{nx}$	
21. Высота до делительной хорды зуба	\bar{h}_{ax}	$\bar{h}_{ax} = h_{ae} + s_{tx} K_{hx} \psi_{nx} - l_x \operatorname{tg} \Theta_a$, где Θ_a — по табл. 2, п. 25	См. указание к п. 19
22. Толщина зуба колеса по хорде на концентрической окружности диаметром d_{yx2} в измерительном сечении	\bar{s}_{nyx2}	$\bar{s}_{nyx2} = s_{tx2} \cos^2 \vartheta_{nx} K_{\psi nx2} + m_n \operatorname{tg} \alpha_n$	Метод измерения рекомендуется для колеса при $x_{n1} > 0,4$, $d_{yx2} = d_{x2} - m_n \cos \delta_2$, где $d_{x2} = d_2 \cdot \frac{R_x}{R}$
23. Высота до хорды зуба колеса на концентрической окружности диаметром d_{yx2} в измерительном сечении	\bar{h}_{ayx2}	$\bar{h}_{ayx2} = h_{ae2} + s_{tx} K_{hx2} \psi_{nx2} - l_{x2} \operatorname{tg} \Theta_{a2} + 0,5 m_n$	

Примечание. Выбор измерительного сечения и метода контроля измерительных размеров настоящим стандартом не регламентируется.

Проверка качества зацепления по геометрическим показателям

Наименования параметров	Обозначения	Расчетные формулы и указания
Проверка отсутствия подрезания зубьев у внешнего и внутреннего торцов		
1. Внешний угол торцового профиля зуба	α_{te}	$\operatorname{tg} \alpha_{te} = \frac{\operatorname{tg} \alpha_n}{\cos \beta_{ne}},$ где β_{ne} — по табл 3, п 9.
2. Внутренний угол торцового профиля зуба	α_{ti}	$\operatorname{tg} \alpha_{ti} = \frac{\operatorname{tg} \alpha_n}{\cos \beta_{ni}},$ где β_{ni} — по табл 3, п 10
3. Угол торцового профиля зуба в расчетном сечении	α_t	$\operatorname{tg} \alpha_t = \frac{\operatorname{tg} \alpha_n}{\cos \beta_n}$
4. Внутренняя высота ножки зуба	h_{fi}	$h_{fi} = h_{fe} - b \operatorname{tg} \theta_f,$ где b, h_{fe} — по табл 2, пп. 7, 31
5. Наибольшая внешняя высота ножки зуба, ограничиваемая подрезанием	h'_{fe}	$h'_{fe} = R_e \operatorname{tg} \delta \sin^2 \alpha_{te} + \rho_{f0} (1 - \sin \alpha_n),$ где ρ_{f0} — радиус закругления вершин резцов зуборезной головки; R_e, δ — по табл 2, пп 3 или 15 и 6. При $h'_{fe} \geq h_{fe}$ подрезание зуба у внешнего торца отсутствует
6. Наибольшая внутренняя высота ножки зуба, ограничиваемая подрезанием	h'_{fi}	$h'_{fi} = (R_e - b) \operatorname{tg} \delta \sin^2 \alpha_{ti} + \rho_{f0} (1 - \sin \alpha_n).$ При $h'_{fi} \geq h_{fi}$ подрезание зуба у внутреннего торца отсутствует

Наименования параметров	Обозначения	Расчетные формулы и указания
Проверка нормальной толщины зуба на поверхности вершин в расчетном сечении		
7. Число зубьев эквивалентного цилиндрического зубчатого колеса	z_{vt}	$z_{vt} = \frac{z}{\cos \delta},$ где δ — по табл. 2, п. 6. Упрощенный расчет z_{vt} производится по черт. 1 приложения 5
8. Делительный диаметр среднего эквивалентного цилиндрического зубчатого колеса	d_{vt}	$d_{vt} = \frac{z_{vt} m_n}{\cos \beta_n}$
9. Диаметр вершин зубьев среднего эквивалентного цилиндрического зубчатого колеса	d_{avt}	$d_{avt} = d_{vt} + 2h_a,$ где h_a — по табл. 2, п. 29
10. Угол профиля зуба в точке на окружности вершин зубьев среднего эквивалентного цилиндрического зубчатого колеса	α_{ta}	$\cos \alpha_{ta} = \frac{d_{vt}}{d_{avt}} \cos \alpha_t$
11. Угол наклона средней линии зуба на поверхности вершин в расчетном сечении	β_{na}	$\operatorname{tg} \beta_{na} = \frac{d_{avt}}{d_{vt}} \operatorname{tg} \beta_n$

Наименования параметров	Обозначения	Расчетные формулы и указания
<p>12. Нормальная толщина зуба на поверхности вершин в расчетном сечении, выраженная в долях нормального модуля</p>	s_{na}^*	$s_{na}^* = \frac{d_{avt}}{m_n} \left(\frac{s_n}{d_{vt} \cos \beta_n} + \text{inv } \alpha_t - \text{inv } \alpha_{ta} \right) \cos \beta_{na}.$ <p>Значения в скобках определяются с точностью не ниже 0,000001. При числе зубьев z_{vt} более 150 нормальную толщину зуба на поверхности вершин колеса можно определять по формуле:</p> $s_{na}^* = (s_n - 2h_a \text{tg}^2 \alpha_n) : m_n.$ <p>Рекомендуется $s_{na}^* \geq 0,3$ при однородной структуре материала зубьев и $s_{na}^* \geq 0,4$ при поверхностном упрочнении зубьев</p> <p>При исходном контуре по ГОСТ 16202-70 s_{na}^* приближенно определяют по черт. 2 приложения 5</p>
<p>Проверка степени сужения толщины зуба на поверхности вершин</p>		
<p>13. Делительный диаметр внешнего эквивалентного цилиндрического зубчатого колеса</p>	d_{vte}	$d_{vte} = d_{vt} \frac{R_e}{R},$ <p>где R_e, R — по табл. 2, пп. 2 или 19, 3 или 15</p>
<p>14. Делительный диаметр внутреннего эквивалентного цилиндрического зубчатого колеса</p>	d_{vti}	$d_{vti} = d_{vt} \frac{R_e - b}{R},$ <p>где b — по табл. 2, п. 7</p>
<p>15. Внутренняя высота головки зуба</p>	h_{at}	$h_{at} = h_{ae} - b \text{tg } \Theta_a,$ <p>где h_{ae} и Θ_a — по табл. 2, пп. 25 и 30</p>

Наименования параметров	Обозначения	Расчетные формулы и указания
16. Диаметр вершин зубьев внешнего эквивалентного цилиндрического зубчатого колеса	d_{avte}	$d_{avte} = d_{vte} + 2h_{ae}$
17. Диаметр вершин зубьев внутреннего эквивалентного цилиндрического зубчатого колеса	d_{avti}	$d_{avti} = d_{vti} + 2h_{ai}$
18. Угол профиля на окружности вершин внешнего эквивалентного цилиндрического зубчатого колеса	α_{tae}	$\cos \alpha_{tae} = \frac{d_{vte}}{d_{avte}} \cos \alpha_{te}$
19. Угол профиля на окружности вершин внутреннего эквивалентного цилиндрического зубчатого колеса	α_{tai}	$\cos \alpha_{tai} = \frac{d_{vti}}{d_{avti}} \cos \alpha_{ti}$
20. Внешний угол наклона средней линии зуба на поверхности вершин	β_{nae}	$\operatorname{tg} \beta_{nae} = \frac{d_{avte}}{d_{vte}} \operatorname{tg} \beta_{ne}$
21. Внутренний угол наклона средней линии зуба на поверхности вершин	β_{nai}	$\operatorname{tg} \beta_{nai} = \frac{d_{avti}}{d_{vti}} \operatorname{tg} \beta_{ni}$

Наименования параметров	Обозначения	Расчетные формулы и указания
22. Внешняя окружная толщина зуба шестерни	s_{te1}	<p>При двустороннем методе обработки колеса</p> $s_{te1} = \frac{W_2 + 2h_{fe2} \operatorname{tg} \alpha_n}{\cos \beta_{ne}}$ <p>где W_2 — по табл. 2, пп. 13,17. При одностороннем методе обработки колеса и шестерни</p> $s_{te1} = \frac{s_{n1}}{\cos \beta_n} \cdot \frac{R_e}{R}$ <p>где s_{n1} — по табл. 2, п. 22</p>
23. Внутренняя окружная толщина зуба шестерни	s_{ti1}	<p>При двустороннем методе обработки колеса</p> $s_{ti1} = \frac{W_2 + 2h_{fi2} \operatorname{tg} \alpha_n}{\cos \beta_{ni}}$ <p>При одностороннем методе обработки колеса и шестерни</p> $s_{ti1} = \frac{s_{n1}}{\cos \beta_n} \cdot \frac{R_e - b}{R}$
24. Внешняя окружная толщина зуба колеса	s_{te2}	$s_{te2} = \frac{\pi m_n}{\cos \beta_n} \cdot \frac{R_e}{R} - s_{te1}$
25. Внутренняя окружная толщина зуба колеса	s_{ti2}	$s_{ti2} = \frac{\pi m_n}{\cos \beta_n} \cdot \frac{R_e - b}{R} - s_{ti1}$
26. Внешняя нормальная толщина зуба на поверхности вершин	s_{nae}	$s_{nae} = d_{avte} \left(\frac{s_{te}}{d_{vte}} + \operatorname{inv} \alpha_{te} - \operatorname{inv} \alpha_{tae} \right) \cos \beta_{nae}$ <p>При $z_{vt} > 150$</p> $s_{nae} = s_{te} \cos \beta_{ne} - 2h_{ae} \operatorname{tg} \alpha_n$

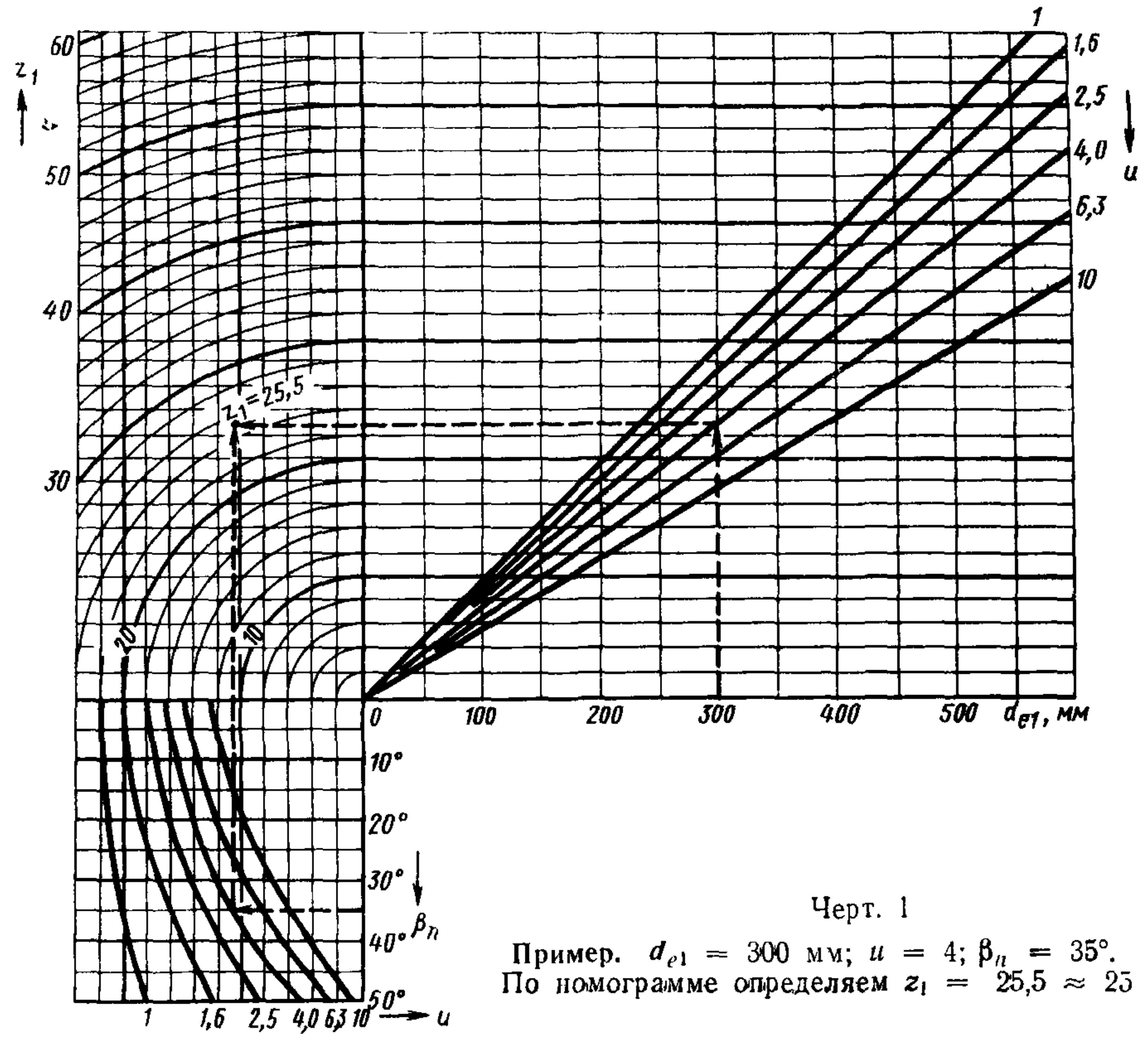
Наименования параметров	Обозначение	Расчетные формулы и указания
27. Внутренняя нормальная толщина зуба на поверхности вершин	s_{nai}	$s_{nai} = d_{avt1} \left(\frac{s_{t1}}{d_{vt1}} + \text{inv } \alpha_{t1} - \text{inv } \alpha_{tat} \right) \cos \beta_{nat}.$ При $z_{vt} > 150$ $s_{nai} = s_{t1} \cos \beta_{n1} - 2h_{a1} \text{tg } \alpha_n$
28. Коэффициент сужения нормальной толщины зуба	K_γ	$K_\gamma = \frac{s_{nae}}{s_{nai}}.$ Должно выполняться условие $0,7 \leq K_\gamma \leq 1,3$
29. Угол сужения нормальной толщины зуба на поверхности вершин	γ_a	$\gamma_a = \frac{(s_{nai} - s_{nae}) \cos \beta_n}{b}.$ Должно выполняться условие $-0,05 \leq \gamma_a \leq 0,07$
Проверка коэффициентов перекрытия		
30. Коэффициент торцового перекрытия	ϵ_α	$\epsilon_\alpha = \epsilon_a + \epsilon_b - \epsilon_c,$ $\text{где } \epsilon_a = \frac{1}{\pi \cos \alpha_t} \sqrt{\left(\frac{z_{vt1}}{2} + \frac{h_{a1} \cos \beta_n}{m_n} \right)^2 - \left(\frac{z_{vt1}}{2} \cos \alpha_t \right)^2};$ $\epsilon_b = \frac{1}{\pi \cos \alpha_t} \sqrt{\left(\frac{z_{vt2}}{2} + \frac{h_{a2} \cos \beta_n}{m_n} \right)^2 - \left(\frac{z_{vt2}}{2} \cos \alpha_t \right)^2};$ $\epsilon_c = \frac{z_{vt1} + z_{vt2}}{2\pi} \text{tg } \alpha_t$
31. Коэффициент осевого перекрытия	ϵ_β	$\epsilon_\beta \approx \frac{b \cdot \sin \beta_n}{\pi m_n}.$ Упрощенный расчет ϵ_β производится по черт. 3 приложения 5. При $\beta_n > 20$ рекомендуется $\epsilon_\beta = 1,25$

Наименования параметров	Обозначение	Расчетные формулы и указания
32. Коэффициент суммарного перекрытия	ϵ_{γ}	$\epsilon_{\gamma} = \sqrt{\epsilon_{\alpha}^2 + \epsilon_{\beta}^2}$ — для передач с локализованным пятном контакта; $\epsilon'_{\gamma} = \epsilon_{\alpha} + \epsilon_{\beta}$ — для передач с нелокализованным пятном контакта

Примечание. Проверка производится при параметрах исходного контура, отличных от установленных ГОСТ 16202—70, или при отступлениях от рекомендаций, содержащихся в приложениях 1—4.

Номограмма для определения рекомендуемого числа зубьев конических

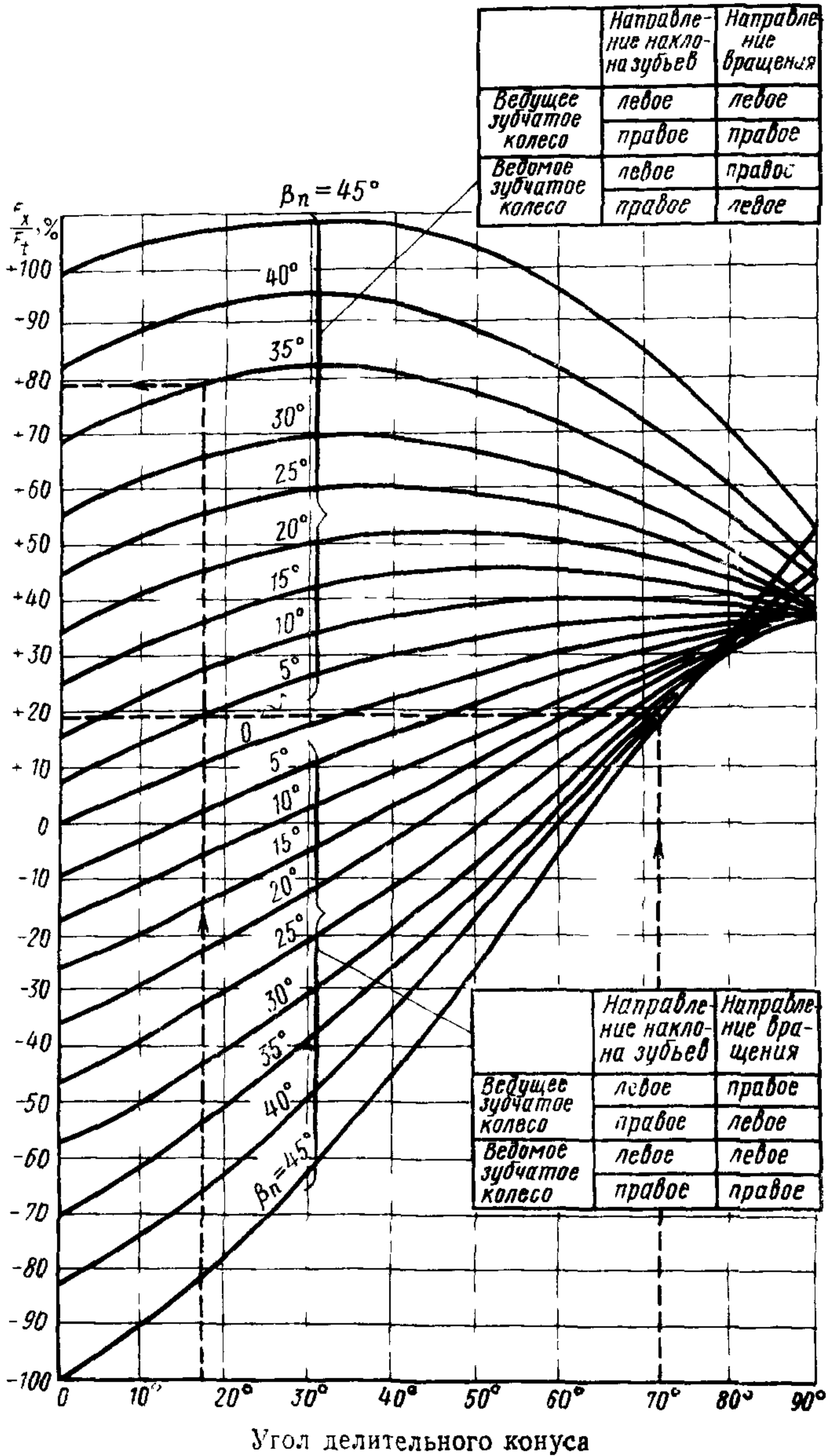
шестерен ($\alpha_n = 20^\circ$; $\Sigma = 90$)
$$z_1 = \sqrt{\left[22 - 9 \lg u + \left(\frac{16}{u} - 22\right) \sin^2 \beta_n\right]^2 + (6,25 - 4 \lg u) \frac{d_{e1}^2}{645}}$$



Черт. 1

Пример. $d_{e1} = 300$ мм; $u = 4$; $\beta_n = 35^\circ$.
По номограмме определяем $z_1 = 25,5 \approx 25$

Осевые усилия в зацеплении конических зубчатых колес с круговыми зубьями
 ($\alpha^o = 20^o; \Sigma = 90^o$)



Черт. 3

ВЫБОР ОСЕВОЙ ФОРМЫ ЗУБЬЕВ И НОМИНАЛЬНОГО ДИАМЕТРА ЗУБОРЕЗНОЙ ГОЛОВКИ

1. В табл. 1 указаны диапазоны параметров конических зубчатых колес, определяющие возможные области использования осевых форм зубьев I, II и III, получивших наибольшее распространение в СССР.

При исходном контуре по ГОСТ 16202—70 и расчетных углах наклона зуба $\beta_n > 15^\circ$ разграничение этих областей в зависимости от $k_0 = \frac{R}{d_0}$ и β_n устанавливается по черт. 1. Зона, заштрихованная на графике перекрещивающимися линиями, соответствует значениям k_0 и β_n , при которых осевые формы зубьев I и II практически являются равноценными. Кривая линия, делящая рекомендуемую область применения зубчатых колес с осевой формой зуба III почти на две равные части, соответствует значениям $k_0 = \frac{1}{2 \sin \beta_n}$, при которых исключается какое-либо сужение равновысоких зубьев и они приобретают оптимальную форму.

С осевой формой зуба III помимо указанных рекомендуется выполнять конические зубчатые колеса: неортогональных передач при межосевом угле $\Sigma < 40^\circ$ и при β_n и z_c по черт. 2, а также ортогональных передач со средним конусным расстоянием большим 0,7 от максимального допустимого среднего конусного расстояния для данного зуборезного станка.

Зубчатые колеса с углами наклона зуба β_n от 0 до 15° предпочтительно проектировать с осевой формой зуба II с учетом ограничений по числу зубьев плоского колеса по черт. 2.

2. Выбор номинального диаметра зуборезной головки для нарезания конических зубчатых колес с круговыми зубьями рекомендуется производить по табл. 2, составленной в соответствии с черт. 1.

Если исходным для расчета передачи принят внешний окружной модуль m_{te} , то необходимую для подбора зуборезной головки величину среднего конусного расстояния определяют по формуле

$$R \approx 0,42 m_{te} z_c.$$

При проектировании мелко модульных передач ($m_n < 2$) с осевой формой зуба III диаметр зуборезной головки и параметры передачи следует подбирать такими, чтобы соблюдалось равенство

$$d_0 = m_n z_c \operatorname{tg} \beta_n.$$

При этом диаметр d_0 выбирают по табл. 2 из ряда для осевой формы зуба II.

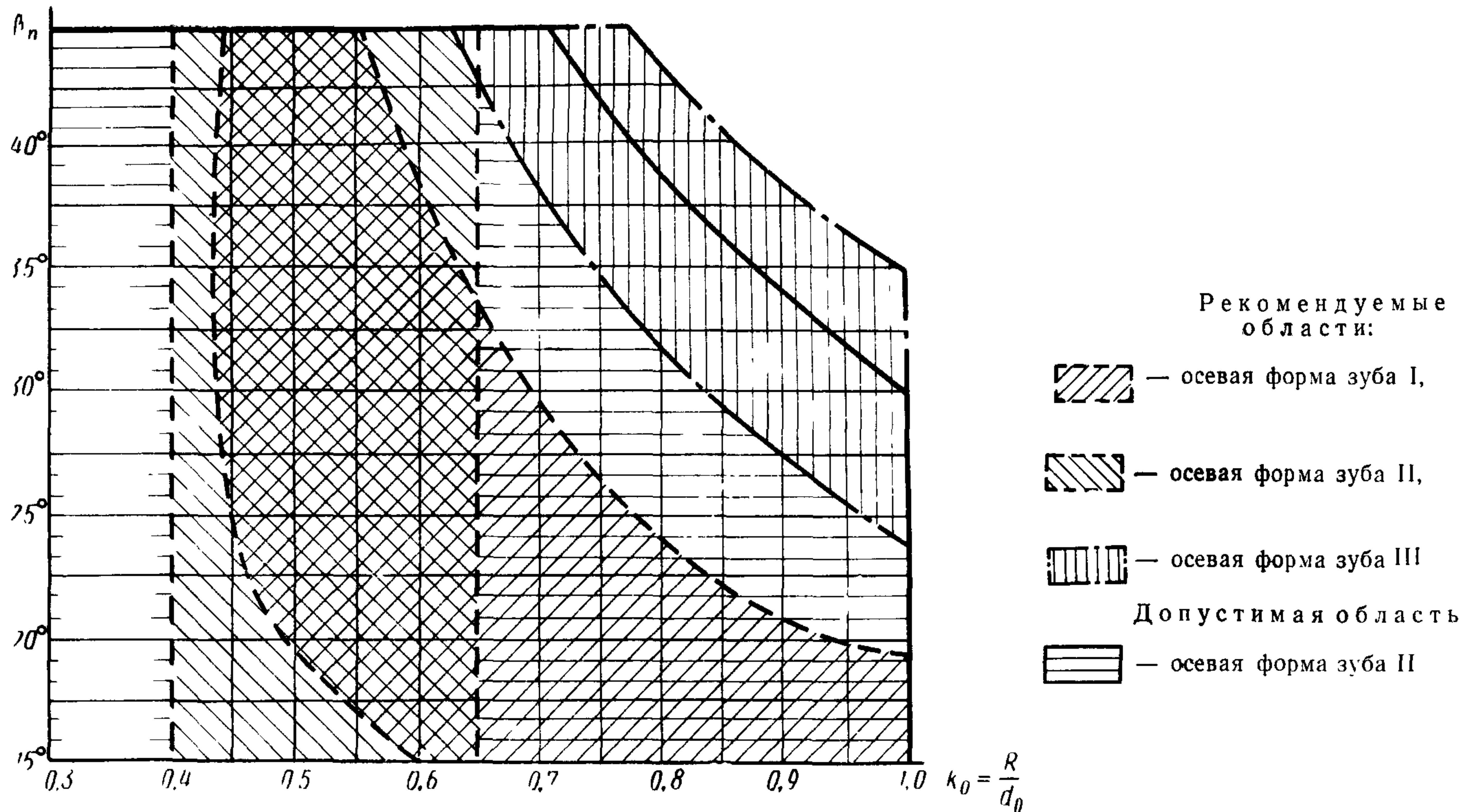
Если при данных R , h_e , b и m_n могут быть выбраны зуборезные головки с различными диаметрами d_0 , то предпочтительной к применению является зуборезная головка со средним значением d_0 .

В некоторых технически обоснованных случаях предпочитают применять зуборезные головки меньшего или большего диаметра из ряда возможных значений.

Основные параметры конических зубчатых колес с круговыми зубьями, определяющие области применения различных осевых форм зубьев

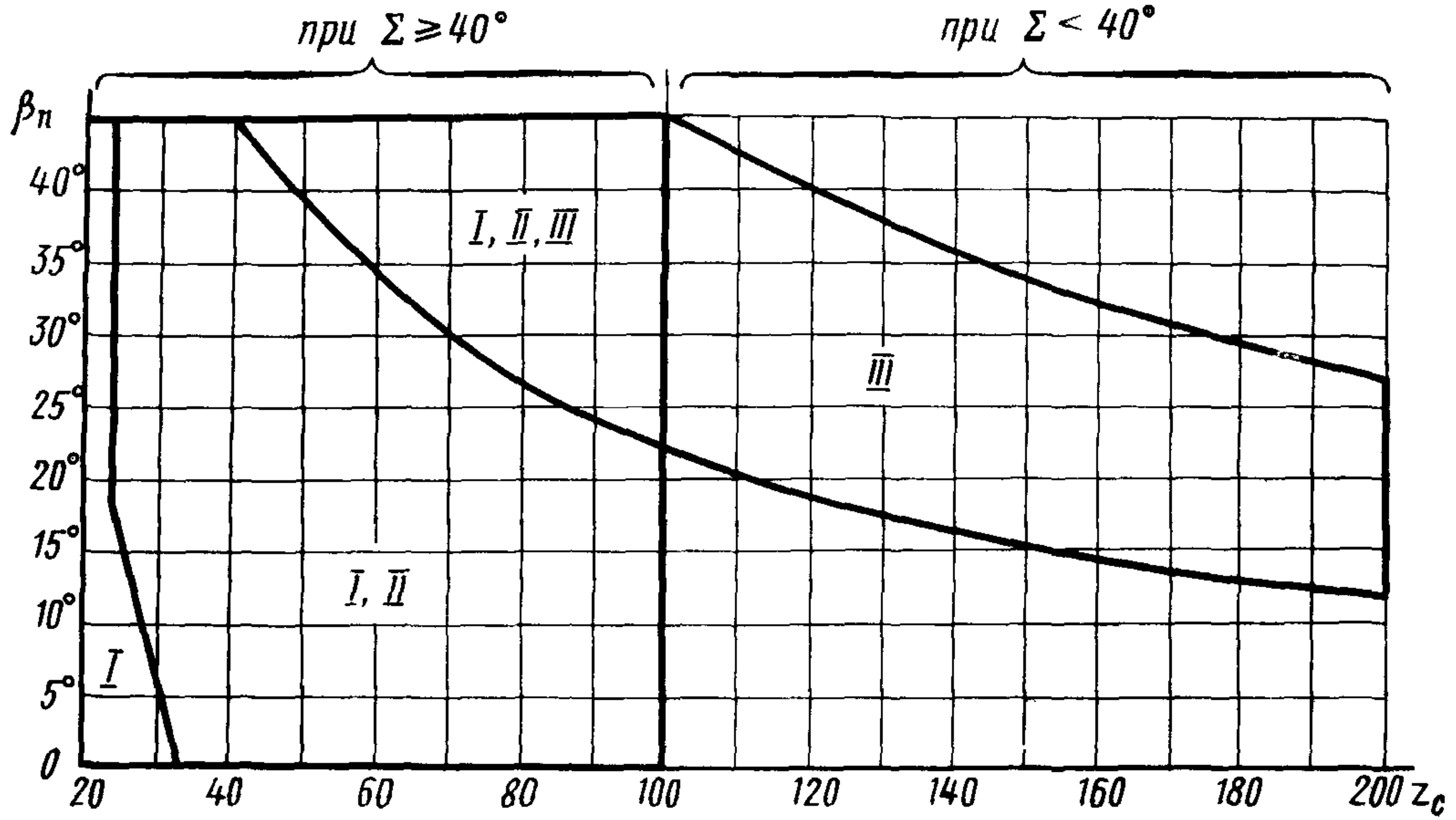
Наименования параметров	Обозначения	Осевая форма зуба		
		I	II	III
Средний нормальный модуль, мм	m_n	От 2 до 25	От 0,4 до 25	От 2 до 25
Среднее конусное расстояние, мм	R	От 60 до 650	От 6 до 700	От 75 до 750
Отношение среднего конусного расстояния к номинальному диаметру зуборезной головки	k_0	При $\beta_n > 15^\circ$ — в пределах значений, указанных на черт. 1; при $\beta_n \leq 15^\circ$ — 0,40—0,65 для осевых форм зуба I и II		
Средний угол наклона зуба	β_n	От 0 до 45°		От 25 до 45°
		с учетом числа зубьев плоского колеса по черт. 2		
Число зубьев плоского колеса	z_c	20—100	24—100	Св. 40
		с учетом угла наклона зуба по черт. 2.		

Области рационального применения осевых форм зубьев I, II, III
 (исходный контур — по ГОСТ 16202—70)



Черт. 1

Области применения осевых форм зуба I, II и III в зависимости от z_c и β_n

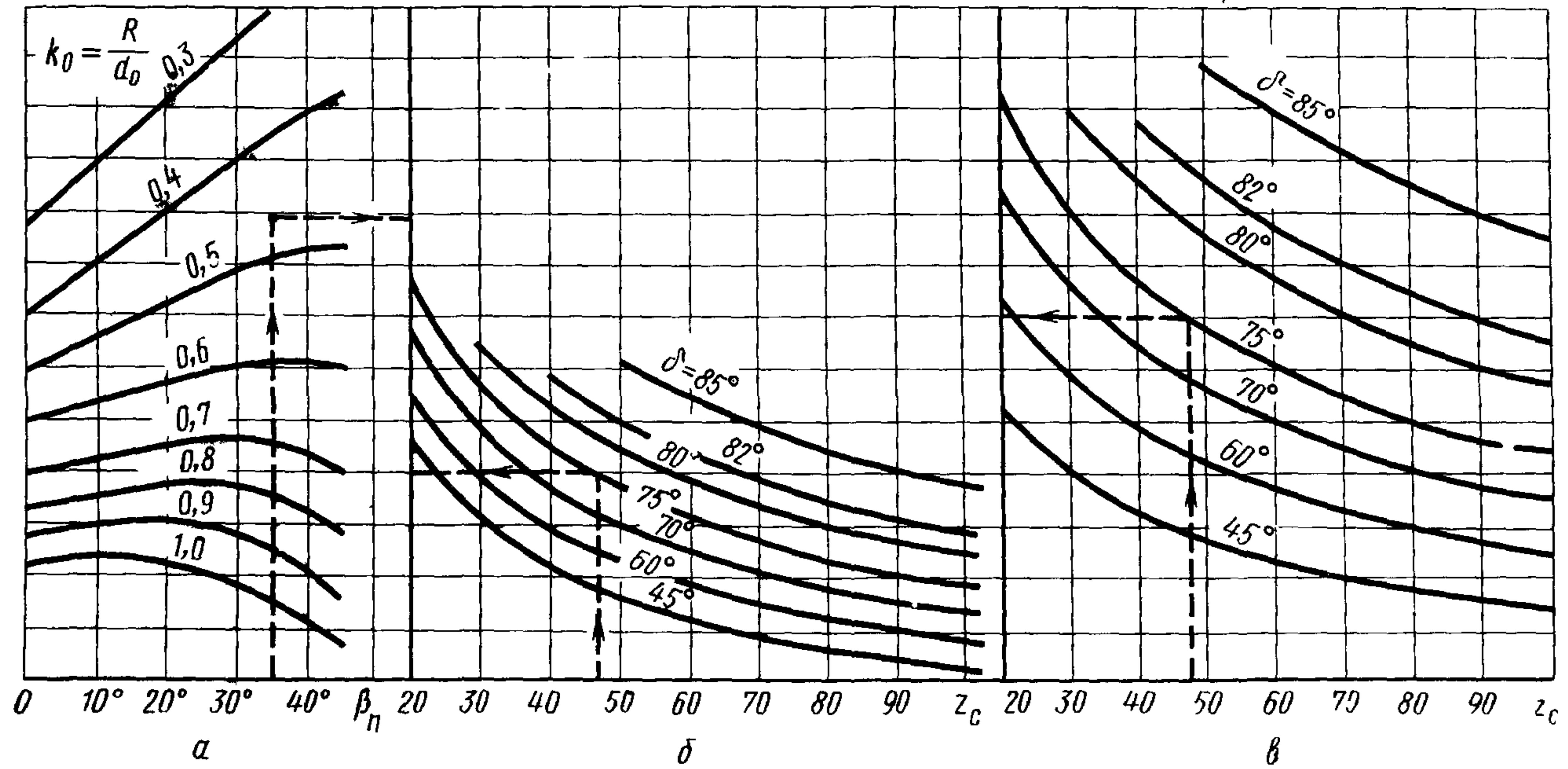


Черт. 2

График для проверки отсутствия вторичного резания конических зубчатых колес с круговыми зубьями

При чистовой обработке методом обкатки

При черновой обработке методом обкатки из целой заготовки



Черт 3

Пример. Дано. $\delta = 75^\circ$, $\beta_n = 35^\circ$, $z_c = 47$, $k_0 = 0,47$.

Поскольку при заданных параметрах ордината на черт. 3а больше ординаты на черт. 3б, вторичное резание при чистовой обработке исключается; аналогично из сравнения ординат на черт. 3а и 3в определяем, что нет опасности вторичного резания и при черновой обработке зубчатого колеса.

Коэффициенты смещения для ортогональных конических зубчатых передач с круговыми зубьями при исходном контуре по ГОСТ 16202—70

Число зубьев шестерни z_1	Значения коэффициента смещения x_{n1} при передаточном числе передачи u											
	1	1,12	1,25	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	3,15	4,0	5,0	6,3 и выше
Расчетный угол наклона зуба β_n от 0 до 15°												
12	—	—	—	—	—	—	—	0,50	0,53	0,56	0,57	0,58
13	—	—	—	—	—	—	0,44	0,48	0,52	0,54	0,55	0,56
14	—	—	—	0,27	0,34	0,38	0,42	0,47	0,50	0,52	0,53	0,54
15	—	—	0,18	0,25	0,31	0,36	0,40	0,45	0,48	0,50	0,51	0,52
16	0,00	0,10	0,17	0,24	0,30	0,35	0,38	0,43	0,46	0,48	0,49	0,50
18	0,00	0,09	0,15	0,22	0,28	0,33	0,36	0,40	0,43	0,45	0,46	0,47
20	0,00	0,08	0,14	0,20	0,26	0,30	0,34	0,37	0,40	0,42	0,43	0,44
25	0,00	0,07	0,13	0,18	0,23	0,26	0,29	0,33	0,36	0,38	0,39	0,40
30	0,00	0,06	0,11	0,15	0,19	0,22	0,25	0,28	0,31	0,33	0,34	0,35
40	0,00	0,05	0,09	0,12	0,15	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,27	0,28
Расчетный угол наклона зуба β_n св 15 до 29°												
10($\beta_n \geq 28$)	—	—	—	—	—	—	—	—	0,49	0,52	0,53	0,54
11($\beta_n \geq 25$)	—	—	—	—	—	—	—	—	0,48	0,49	0,51	0,52
12($\beta_n \geq 20$)	—	—	—	—	—	—	—	0,42	0,46	0,48	0,49	0,50
13	—	—	—	—	—	0,33	0,37	0,40	0,43	0,45	0,47	0,48
14	—	—	—	0,21	0,26	0,32	0,36	0,39	0,42	0,44	0,45	0,46
15	—	—	0,14	0,20	0,25	0,30	0,34	0,37	0,40	0,42	0,43	0,43
16	—	0,07	0,14	0,20	0,24	0,29	0,32	0,35	0,38	0,40	0,41	0,42
17	0,00	0,06	0,13	0,19	0,23	0,28	0,31	0,34	0,37	0,39	0,40	0,41
18	0,00	0,06	0,12	0,18	0,22	0,27	0,30	0,33	0,36	0,38	0,39	0,39
20	0,00	0,05	0,11	0,16	0,21	0,24	0,26	0,29	0,33	0,35	0,36	0,36
25	0,00	0,05	0,10	0,14	0,18	0,20	0,23	0,25	0,28	0,30	0,31	0,32
30	0,00	0,04	0,08	0,12	0,15	0,18	0,20	0,22	0,25	0,26	0,27	0,27
40	0,00	0,03	0,05	0,08	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,20	0,21	0,22

Продолжение табл. 1

Число зубьев шестерни z_1	Значения коэффициента смещения x_{n1} при передаточном числе передачи u											
	1	1,12	1,25	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	3,15	4,0	5,0	6,3 и выше
Расчетный угол наклона зуба β_n св. 29 до 45°												
6($\beta_n \geq 42^\circ$)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,70
7($\beta_n \geq 40^\circ$)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,65	0,66
8($\beta_n \geq 38^\circ$)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,51	0,53	0,54
9($\beta_n \geq 35^\circ$)	—	—	—	—	—	—	—	—	0,46	0,49	0,50	0,52
10($\beta_n \geq 32^\circ$)	—	—	—	—	—	—	—	—	0,44	0,47	0,47	0,48
11	—	—	—	—	—	—	—	0,38	0,41	0,44	0,45	0,45
12	—	—	—	—	—	—	0,32	0,37	0,39	0,41	0,42	0,43
13	—	—	—	—	—	0,27	0,30	0,35	0,37	0,39	0,40	0,41
14	—	—	—	0,18	0,23	0,26	0,29	0,33	0,35	0,37	0,38	0,38
15	—	—	0,12	0,17	0,22	0,25	0,27	0,31	0,33	0,35	0,36	0,37
16	—	0,06	0,11	0,16	0,21	0,24	0,26	0,30	0,32	0,34	0,35	0,35
18	0,00	0,05	0,10	0,15	0,19	0,22	0,24	0,27	0,30	0,32	0,32	0,33
20	0,00	0,05	0,09	0,13	0,17	0,20	0,22	0,26	0,28	0,29	0,29	0,30
25	0,00	0,04	0,08	0,11	0,15	0,17	0,19	0,21	0,24	0,25	0,25	0,26
30	0,00	0,03	0,07	0,09	0,11	0,15	0,16	0,18	0,21	0,22	0,22	0,23
40	0,00	0,03	0,05	0,07	0,09	0,11	0,11	0,14	0,16	0,17	0,17	0,18

Примечание. Данные таблицы могут быть использованы и для неортогональных передач, если вместо u и z_1 принимать соответственно $u_{об}$ и $z_{об1}$, а также для повышающих передач при $u \leq 3,15$.

Расчет коэффициента смещения $(x_{n1} = -x_{n2})$ для ортогональных конических зубчатых колес с круговыми зубьями (при $z_1 \geq 8$)

Номер позиции	Расчетные зависимости	Номер позиции	Расчетные зависимости
1	$\cos^3 \beta_n$	17	$\cos \alpha_{na2} = \frac{(2) \cdot (12)}{(14)}$
2	$\cos \alpha_n$	18	α_{na2}
3	$\sin^2 \alpha_n$	19	$\lambda_1 = \alpha_{na1} - \alpha_n$
4	u^2	20	$\lambda_2 = \alpha_{na2} - \alpha_n$
5	$\frac{(4)}{(4)-1}$	21	$1 - \cos \lambda_1$
6	$(4)+1$	22	$1 - \cos \lambda_2$
7	$\frac{z_1 \sqrt{(6)}}{u \cdot (1)}$	23	$(13) \cdot (21)$
8	$0,5(3) \cdot (5) \cdot (7)$	24	$(14) \cdot (22)$
9	$\sqrt{(8)^2 + (h_a^*)^2}$	25	$h_a^* - (23)$
10	$(9) - (8)$	26	$h_a^* - (24)$
11	$0,5 \cdot (7)$	27	$(23) - (24)$
12	$(4) \cdot (11)$	28	$(8) - 0,5(27)$
13	$(11) + (10) + h_a^*$	29	$(25) \cdot (26)$
14	$(12) - (10) + h_a^*$	30	$(8) \cdot (27) + (29)$
15	$\cos \alpha_{na1} = \frac{(2) \cdot (11)}{(13)}$	31	$\sqrt{(28)^2 + (30)}$
16	α_{na1}	32	$x_{n1} = (31) - (28)$

Примечания:

1. Цифры в скобках соответствуют номерам позиций таблицы.

x_{n1} определяется в результате последовательного выполнения действий по позициям 1—32.

Исходные данные для расчета — по табл. 1 настоящего стандарта.

2. Расчетными формулами можно пользоваться и для неортогональных передач, если заменить u и z_1 соответственно на u_{vb} и z_{vb1} .

Значения коэффициентов C_1 и C_2

Диаметр зуборезной головки d_0 , мм	Расчетный угол наклона зуба β_n , град								
	0	10	15	20	25	30	35	40	45
	Значение коэффициента C_1								
	0	5232	7951	10800	13837	17132	20777	24898	29673
	Значение коэффициента C_2								
(12,7)	0	143,1	324,1	581,7	920,9	1349	1877	2520	3304
20	0	90,85	205,8	369,4	584,8	856,6	1192	1600	2098
(27,94)	0	65,05	147,3	264,4	418,6	613,2	853,0	1146	1502
25	0	72,68	164,6	295,5	467,8	685,3	953,4	1280	1678
32	0	56,78	128,6	230,9	365,5	535,4	744,8	1000	1311
(38,1)	0	47,69	108,0	193,9	307,0	449,6	625,6	840,1	1101
40	0	45,43	102,9	184,7	292,4	428,3	595,9	800,2	1049
50	0	36,34	82,32	147,8	233,9	342,6	476,7	640,2	839,3
(50,8)	0	35,77	31,02	145,4	230,2	337,2	469,2	630,1	826,1
60	0	30,28	68,60	123,1	194,9	285,5	397,2	533,5	699,4
80	0	22,71	51,45	92,35	146,2	214,21	297,9	400,1	524,6
(88,9)	0	20,44	46,30	83,10	131,6	192,7	268,1	360,0	472,0
100	0	18,17	41,16	73,88	116,9	171,32	238,4	320,1	419,6
125	0	14,54	32,93	59,10	93,56	137,06	190,7	256,1	335,7
(152,4)	0	11,92	27,00	48,48	76,74	112,4	156,4	210,0	275,4
160	0	11,36	25,72	46,17	73,10	107,08	148,9	200,1	262,28
(190,5)	0	9,539	21,60	38,78	61,39	89,93	125,1	168,0	220,3
200	0	9,085	20,58	36,94	58,48	85,66	119,2	160,0	209,82
(228,6)	0	7,949	18,00	32,32	51,16	74,94	104,3	140,0	183,6
250	0	7,268	16,46	29,55	46,78	68,53	95,34	128,0	167,86
(304,8)	0	5,962	13,50	24,24	38,37	56,21	78,20	105,0	137,7
315	0	5,768	13,07	23,45	37,13	54,38	75,67	101,6	133,22

Таблица 2

Значения коэффициента угла головки зуба K_n (при $\Sigma = 90^\circ$; $\alpha_n = 20^\circ$;
 $h^*_a = 1,0$; x_{n1} и $x_{\tau 1}$ по табл. 1 и 3 приложения 3 и

$$k_0 = \frac{R}{d_0} \text{ от } 0,3 \text{ до } 0,7)$$

β_n , град	z_1	Значения коэффициента угла головки зуба K_a при передаточном числе u				
		от 1,0 до 1,25	св. 1,25 до 1,6	св. 1,6 до 2,5	св. 2,5 до 4,0	св. 4,0
От 0 до 15	12—13	—	—	—	$\frac{0,70}{0,95}$	$\frac{0,65}{0,95}$
	14—15	—	$\frac{0,75}{0,85}$	$\frac{0,75}{0,90}$	$\frac{0,75}{0,95}$	$\frac{0,70}{0,95}$
	16—19	$\frac{0,80}{0,80}$	$\frac{0,80}{0,85}$	$\frac{0,80}{0,95}$	$\frac{0,75}{0,95}$	$\frac{0,75}{1,00}$
	20—24	$\frac{0,85}{0,85}$	$\frac{0,80}{0,85}$	$\frac{0,80}{0,95}$	$\frac{0,80}{0,95}$	$\frac{0,80}{1,00}$
	25—29	$\frac{0,85}{0,85}$	$\frac{0,85}{0,90}$	$\frac{0,85}{0,95}$	$\frac{0,85}{0,95}$	$\frac{0,80}{1,00}$
	30—40	$\frac{0,90}{0,90}$	$\frac{0,85}{0,90}$	$\frac{0,85}{0,95}$	$\frac{0,85}{0,95}$	$\frac{0,85}{1,00}$
	св. 40	$\frac{0,90}{0,90}$	$\frac{0,90}{0,95}$	$\frac{0,85}{0,95}$	$\frac{0,85}{0,95}$	$\frac{0,85}{1,00}$
Св. 15 до 29	10—12	—	—	—	$\frac{0,75}{0,95}$	$\frac{0,75}{1,00}$
	12—13	—	—	$\frac{0,80}{0,90}$	$\frac{0,80}{0,95}$	$\frac{0,75}{1,00}$
	14—15	—	$\frac{0,85}{0,90}$	$\frac{0,80}{0,90}$	$\frac{0,80}{0,95}$	$\frac{0,80}{1,00}$
	16—19	$\frac{0,85}{0,85}$	$\frac{0,85}{0,90}$	$\frac{0,85}{0,95}$	$\frac{0,85}{0,95}$	$\frac{0,85}{1,00}$
	20—24	$\frac{0,90}{0,90}$	$\frac{0,85}{0,90}$	$\frac{0,85}{0,95}$	$\frac{0,85}{0,95}$	$\frac{0,85}{1,00}$
	25—29	$\frac{0,90}{0,90}$	$\frac{0,90}{0,90}$	$\frac{0,90}{0,95}$	$\frac{0,90}{0,95}$	$\frac{0,90}{1,00}$
	30—40	$\frac{0,90}{0,90}$	$\frac{0,90}{0,95}$	$\frac{0,90}{0,95}$	$\frac{0,90}{1,00}$	$\frac{0,90}{1,00}$
	св. 40	$\frac{0,95}{0,95}$	$\frac{0,95}{0,95}$	$\frac{0,90}{0,95}$	$\frac{0,90}{1,00}$	$\frac{0,90}{1,00}$

β_n , град	z_1	Значения коэффициента угла головки зуба K_a при передаточном числе u				
		от 1,0 до 1,25	св. 1,25 до 1,6	св. 1,6 до 2,5	св. 2,5 до 4,0	св. 4,0
Св. 29 до 45	6—7	—	—	—	—	$\frac{0,75}{1,00}$
	8—9	—	—	—	—	$\frac{0,75}{1,00}$
	10—11	—	—	—	$\frac{0,80}{1,00}$	$\frac{0,80}{1,00}$
	12—13	—	—	$\frac{0,90}{1,00}$	$\frac{0,85}{1,00}$	$\frac{0,85}{1,00}$
	14—15	—	$\frac{0,90}{0,90}$	$\frac{0,90}{1,00}$	$\frac{0,90}{1,00}$	$\frac{0,85}{1,00}$
	16—17	$\frac{0,90}{0,90}$	$\frac{0,90}{1,00}$	$\frac{0,90}{1,00}$	$\frac{0,90}{1,00}$	$\frac{0,90}{1,00}$
	18—19	$\frac{0,90}{0,90}$	$\frac{0,90}{1,00}$	$\frac{0,90}{1,00}$	$\frac{0,90}{1,00}$	$\frac{0,90}{1,00}$
	20—24	$\frac{1,00}{1,00}$	$\frac{1,00}{1,00}$	$\frac{1,00}{1,00}$	$\frac{0,90}{1,00}$	$\frac{0,90}{1,00}$
	25—30	$\frac{1,00}{1,00}$	$\frac{1,00}{1,00}$	$\frac{1,00}{1,00}$	$\frac{1,00}{1,00}$	$\frac{1,00}{1,00}$
	св. 30	$\frac{1,00}{1,00}$	$\frac{1,00}{1,00}$	$\frac{1,00}{1,00}$	$\frac{1,00}{1,00}$	$\frac{1,00}{1,00}$

Примечания:

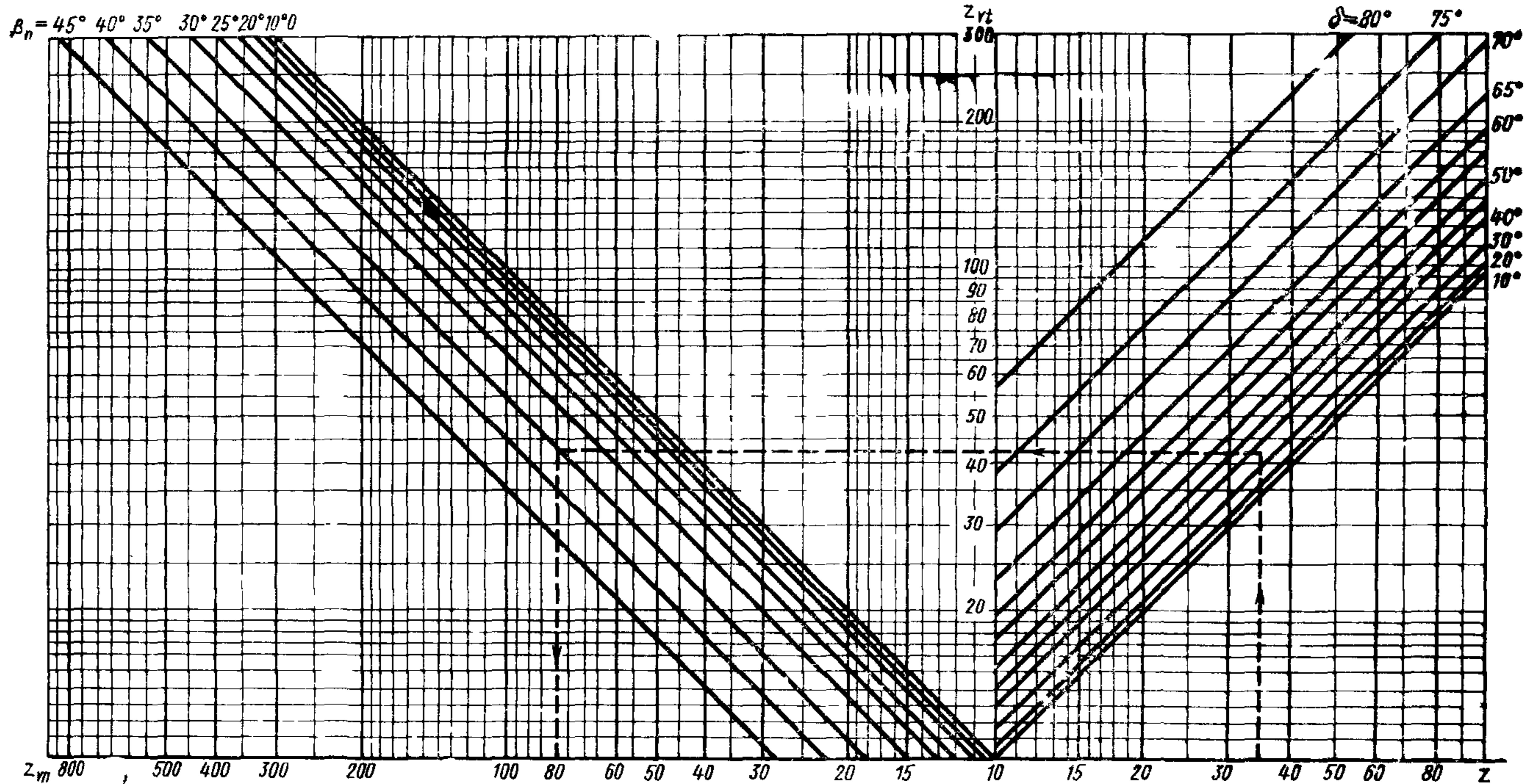
1. В числителе приведены значения K_a для шестерни, в знаменателе — для колеса.

2. Данные таблицы могут быть использованы при $\Sigma \neq 90^\circ$, если u заменить на $u_{\nu b}$ и z_1 на $z_{\nu b_1}$.

3. Допускается использовать данные таблицы при значениях x_{T1} , отличных от указанных в табл. 3 приложения 3.

УПРОЩЕННЫЙ РАСЧЕТ НЕКОТОРЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
Номограмма для определения чисел зубьев эквивалентного $[z_{vt}]$ и биэквивалентного $[z_{vn}]$ цилиндрического зубчатого колеса

$$z_{vt} = \frac{z}{\cos \delta} ; \quad z_{vn} = \frac{z}{\cos \delta \cos^3 \beta_n}$$



Черт. 1

Пример. Дано: $z = 35$; $\delta = 35^\circ$; $\beta_n = 35^\circ$. По номограмме определяем $z_{vt} = 43$; $z_{vn} = 80$.

Наименования параметров	Обозначения	Расчетные формулы и указания
7. Длина заплоской части активной линии зацепления внешних эквивалентных цилиндрических зубчатых колес	g_{avte}	$g_{avte} = 0,5d_{vte1}(\operatorname{tg} \alpha_{tae1} - \operatorname{tg} \alpha_{te}) \cos \alpha_{te},$ где α_{te} и α_{tae1} — по табл 4 настоящего стандарта (соответственно пп. 1 и 18)
8. Длина доплоской части активной линии зацепления внешних эквивалентных цилиндрических зубчатых колес	g_{fvte}	$g_{fvte} = 0,5d_{vte2}(\operatorname{tg} \alpha_{tae2} - \operatorname{tg} \alpha_{te}) \cos \alpha_{te}$
9. Длина заплоской части активной линии зацепления внутренних эквивалентных цилиндрических зубчатых колес	g_{avti}	$g_{avti} = 0,5d_{vti1}(\operatorname{tg} \alpha_{tai1} - \operatorname{tg} \alpha_{ti}) \cos \alpha_{ti},$ где α_{ti} и α_{tai1} — по табл 4 настоящего стандарта (соответственно пп. 2 и 19)
10. Длина доплоской части активной линии зацепления внутренних эквивалентных цилиндрических зубчатых колес	g_{fvti}	$g_{fvti} = 0,5d_{vti2}(\operatorname{tg} \alpha_{tai2} - \operatorname{tg} \alpha_{ti}) \cos \alpha_{ti}.$
11. Диаметр окружности граничных точек внешней эквивалентной цилиндрической шестерни	d_{vte1}	$d_{vte1} = 2 \sqrt{0,25d_{vte1}^2 + g_{fvte}^2 - d_{vte1} g_{fvte} \sin \alpha_{te}}$
12. Диаметр окружности граничных точек внешнего эквивалентного цилиндрического колеса	d_{vte2}	$d_{vte2} = 2 \sqrt{0,25d_{vte2}^2 + g_{avte}^2 - d_{vte2} g_{avte} \sin \alpha_{te}}$

Наименования параметров	Обозначения	Расчетные формулы и указания
13. Диаметр окружности граничных точек внутренней эквивалентной цилиндрической шестерни	d_{lvtt1}	$d_{lvtt1} = 2 \sqrt{0,25d_{vtt1}^2 + g_{fvt1}^2 - d_{vtt1} g_{fvt1} \sin \alpha_{tt}}$
14. Диаметр окружности граничных точек внутреннего эквивалентного цилиндрического колеса	d_{lvtt2}	$d_{lvtt2} = 2 \sqrt{0,25d_{vtt2}^2 + g_{avtt}^2 - d_{vtt2} g_{avtt} \sin \alpha_{tt}}$
15. Наибольший допустимый радиус закругления вершины резца при обработке шестерни из условия отсутствия интерференции	ρ_{k01}''	Принимается равным меньшему из двух значений, вычисляемых по формулам $\rho_{k01}'' = \frac{d_{lvte1} - d_{fvte1}}{2(1 - \sin \alpha_n)}; \quad \rho_{k01}'' = \frac{d_{lvtt1} - d_{fvtt1}}{2(1 - \sin \alpha_n)}$
16. Наибольший допустимый радиус закругления вершины резца при обработке колеса из условия отсутствия интерференции	ρ_{k02}''	Принимается равным меньшему из двух значений, вычисляемых по формулам: $\rho_{k02}'' = \frac{d_{lvte2} - d_{fvte2}}{2(1 - \sin \alpha_n)}; \quad \rho_{k02}'' = \frac{d_{lvtt2} - d_{fvtt2}}{2(1 - \sin \alpha_n)}$
17. Наибольший допустимый радиус закругления резца: для обработки шестерни для обработки колеса	ρ_{k01} ρ_{k02}	Принимается равным меньшему из двух значений, вычисляемых по пп. 3 и 15 Принимается равным меньшему из двух значений, вычисляемых по пп. 4 и 16

Примечание. Вычисления по пп. 5—16 производятся только для передач, выполняемых с отступлениями от стандартного исходного контура и при требовании $\rho_{k0} > 0,25 m_n$.

**ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ОСНОВНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОРТОГОНАЛЬНОЙ
КОНИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ С КРУГОВЫМИ ЗУБЬЯМИ ПРИ СТАНДАРТНОМ ИСХОДНОМ КОНТУРЕ**

Исходные данные для расчета

Таблица 1

Наименования параметров		Обозначения	Числовые примеры		
			1	2	3
1. Число зубьев	шестерни	z_1	20	17	18
	колеса	z_2	50	34	58
2. Модуль	средний нормальный (расчетный)	m_n	—	3	—
	внешний окружной	m_{te}	10	—	20
3. Средний угол наклона зуба (расчетный)		β_n	35°	25°	30°
4. Направление линии зуба	шестерни	—	Правое	Правое	Левое
	колеса	—	Левое	Левое	Правое
5. Средний нормальный исходный контур		—	По ГОСТ 16202—70		

Расчет

Наименования параметров	Обозначения и расчетные формулы	Числовые примеры		
		1	2	3
1. Число зубьев плоского колеса	$z_c = \sqrt{z_1^2 + z_2^2}$	53,8516	38,0132	60,7289
2. Среднее конусное расстояние (при заданном m_n)	$R = \frac{m_n z_c}{2 \cos \beta_n}$	—	62,9142	—
3. Внешнее конусное расстояние (при заданном m_{te})	$R_e = \frac{m_{te} z_c}{2}$	269,2580	—	607,2890
4. Выбор осевой формы зуба	По приложению 2	I	II	III
5. Номинальный диаметр зуборезной головки (шлифовального круга)	d_0 — по приложению 2	400	160	630
6. Угол делительного конуса	$\operatorname{tg} \delta_1 = \frac{z_1}{z_2}$ $\delta_2 = 90^\circ - \delta_1$ $\sin \delta_1 = \cos \delta_2$ $\cos \delta_1 = \sin \delta_2$	21°48' 68°12' 0,37137 0,92848	26°34' 63°26' 0,44724 0,89441	17°14' 72°46' 0,29626 0,95511
7. Ширина зубчатого венца	b	75	22	125
8. Передаточное число	$u = \frac{z_2}{z_1}$	2,50	2,00	3,22

Наименования параметров	Обозначения и расчетные формулы	Числовые примеры		
		1	2	3
9. Передаточное число эквивалентной конической передачи	Расчет производится только для неортогональных передач по формулам табл. 2 настоящего стандарта (пп 9 и 10)			
10. Число зубьев эквивалентной конической шестерни				
11. Коэффициент смещения у шестерни	x_{n1} (по табл. 1 приложения 3)	0,26	0,31	0,30
12. Коэффициент изменения толщины зуба шестерни	$x_{\tau 1}$ (по табл. 3 приложения 3)	0,12	0	0,12
13. Развод резцов зуборезной головки для чистовой обработки колеса	$W_2 = m_n(0,6609 + x_{\tau 1})$	—	$W'_2 = 1,9827$ $W_2 = 2,00$	—
	<p>При $x_{\tau 1} = 0$</p> $0,05 m_n \geq W'_2 - W_2 \geq -0,02 m_n \quad (1)$ $\delta h_f = \frac{W'_2 - W_2}{0,72784}$ <p>(δh_f — по табл. 2 приложения 1)</p> <p>При $x_{\tau 1} \neq 0$</p> $0,05 m_n \geq W'_2 - W_2 \geq -0,05 m_n \quad (2)$ <p>Уточняется значение $x_{\tau 1}$ в п. 12</p> $x_{\tau 1} = \frac{W_2}{m_n} - 0,6609.$ <p>Если неравенства (1) и (2) не соблюдаются, то определяют новое значение m_n по формуле</p> $m_n = \frac{W_2}{0,6609 + x_{\tau 1}}$	—	Неравенство соблюдается $\delta h_f = 0,024$	—

Расчет при заданном m_n

Наименования параметров	Обозначения и расчетные формулы	Числовые примеры		
		1	2	3
14. Расстояние от внешнего торца до расчетного сечения	а) $l_e = 0,5 b$ (рекомендуется); б) $l_e = R'_e - R$ или $l_e = 0,5z_c \left(m'_{te} - \frac{m_n}{\cos \beta_n} \right)$, где R'_e или m'_{te} — заданные значения	—	$l_e = 12,0858$; $R'_e = 75$ (задано)	—
15. Внешнее конусное расстояние	$R_e = R + l_e$	—	75,0000	—
16. Внешний окружной модуль	$m_{te} = \frac{2R_e}{z_c}$	—	3,9460	—
17. Развод резцов зуборезной головки для чистой двухсторонней обработки колеса	Расчет при заданном m_{te} $W_2 = \left(m_{te} - K_l \frac{b}{z_c} \right) (0,6609 + x_{\tau 1}) \cos \beta_n$	$W_2 = 5,2$ при $K_l = 1,0$; $\beta_n = 35^\circ$; $x_{\tau 1} = 0,08$ (уточненное значение)	—	$W_2 = 12,0$ при $K_l = 1,0$ $x_{\tau 1} = 0,14$ (уточненное значение); $\beta_n =$ $= 33^\circ 16' 34''$ (уточненное значение) $\cos \beta_n =$ $= 0,83604$
18. Нормальный модуль в расчетном сечении		$m_n = \left(m_{te} - K_l \frac{b}{z_c} \right) \cos \beta_n$	7,0507	—

Наименования параметров	Обозначения и расчетные формулы	Числовые примеры			
		1	2	3	
19 Среднее конусное расстояние	Расчет при заданном m_{fe}	$R = \frac{m_n z_c}{2 \cos \beta_n}$	231,7594	—	544,7906
20. Расстояние от внешнего торца до расчетного сечения		$l_e = R_e - R$	37,4986 ≈ ≈ 37,5	—	62,4984 ≈ ≈ 62,5
21. Высота ножки зуба в расчетном сечении	$h_{f1} = (h_a^* + c^* - x_{n1})m_n + \delta h_f$ $h_{f2} = (h_a^* + c^* + x_{n1})m_n + \delta h_f$	6,9801 10,6466	2,7958 4,6558	14,2500 23,2500	
22. Нормальная толщина зуба в расчетном сечении	$s_{n1} = (0,5\pi + 2x_{n1} \operatorname{tg} \alpha_n + x_{\tau 1})m_n$ $s_{n2} = \pi m_n - s_{n1}$	12,9735 9,1770	5,3893 4,0355	28,9365 18,1875	
23 Сумма углов ножек шестерни и колеса (только для зубчатых колес с осевой формой зуба II)	а) при $\beta = 0^\circ$ $\Theta_{f\Sigma} = \frac{29673}{z_c}$ (в минутах) б) при $\beta \neq 0$ $\Theta_{f\Sigma} = \frac{K}{\sin \beta_n}$ (в минутах) $K = \frac{C_1 - C_2 R}{z_c}$ C_1 и C_2 —по табл. 1 приложения 4	—	568' 240	—	

Наименования параметров	Обозначения и расчетные формулы	Числовые примеры			
		1	2	3	
24. Угол ножки зуба	Осевая форма зуба I	$\operatorname{tg} \theta_{f1} = \frac{h_{f1}}{R}$	1°44' $\operatorname{tg} \theta_{f1} = 0,03026$	—	—
		$\operatorname{tg} \theta_{f2} = \frac{h_{f2}}{R}$	2°38' $\operatorname{tg} \theta_{f2} = 0,04599$	—	—
	Осевая форма зуба II	$\theta_{f1} = \theta_{f\Sigma} \frac{s_{n2}}{\pi m_n} \quad (\text{в минутах})$	—	4°03' $\operatorname{tg} \theta_{f1} = 0,07080$	—
	$\theta_{f2} = \theta_{f\Sigma} - \theta_{f1} \quad (\text{в минутах})$	—	5°25' $\operatorname{tg} \theta_{f2} = 0,09482$	—	
Осевая форма зуба III	$\theta_{f1} = 0$ $\theta_{f2} = 0$	—	—	0	0

Наименования параметров	Обозначения и расчетные формулы	Числовые примеры			
		1	2	3	
25. Угол головки зуба	Осевая форма зуба I	$\theta_{a1} = \theta_{f2}$ $\theta_{a2} = \theta_{f1}$	$2^{\circ}38'$ $\operatorname{tg} \theta_{a1} = 0,04599$ $1^{\circ}44'$ $\operatorname{tg} \theta_{a2} = 0,03026$	—	—
	Осевая форма зуба II	$\theta_{a1} = K_{a1} \theta_{f2}$	—	$4^{\circ}36'$ $(K_{a1} = 0,85)$ $\operatorname{tg} \theta_{a1} = 0,08046$	—
		$\theta_{a2} = K_{a2} \theta_{f1},$ K_a — по приложению 4	—	$3^{\circ}51'$ $(K_{a2} = 0,95)$ $\operatorname{tg} \theta_{a2} = 0,06730$	—
	Осевая форма зуба III	$\theta_{a1} = 0$ $\theta_{a2} = 0$	—	—	0
26. Увеличение высоты головки зуба при переходе от расчетного сечения на внешний торец	$\Delta h_{ae1} = l_e \operatorname{tg} \theta_{a1}$ $\Delta h_{ae2} = l_e \operatorname{tg} \theta_{a2}$	1,7246	0,9724	0	
		1,1347	0,8134	0	
27. Увеличение высоты ножки зуба при переходе от расчетного сечения на внешний торец	$\Delta h_{fe1} = l_e \operatorname{tg} \theta_{f1}$ $\Delta h_{fe2} = l_e \operatorname{tg} \theta_{f2}$	1,1347	0,8557	0	
		1,7246	1,1460	0	

Наименования параметров	Обозначения и расчетные формулы	Числовые примеры		
		1	2	3
28. Уменьшение высоты головки зуба в расчетном сечении	$\delta h_{a1} = (b - l_e) (\operatorname{tg} \Theta_{f2} - \operatorname{tg} \Theta_{a1})$ $\delta h_{a2} = (b - l_e) (\operatorname{tg} \Theta_{f1} - \operatorname{tg} \Theta_{a2})$	0 0	0,1424 0,0347	0 0
29. Высота головки зуба в расчетном сечении	$h_{a1} = (h_a^* + x_{n1}) m_n - \delta h_{a1}$ $h_{a2} = (h_a^* - x_{n1}) m_n - \delta h_{a2}$	8,8839 5,2175	3,7876 2,0353	19,5000 10,5000
30. Внешняя высота головки зуба	$h_{ae1} = h_{a1} + \Delta h_{ae1}$ $h_{ae2} = h_{a2} + \Delta h_{ae2}$	10,6085 6,3522	4,7600 2,8487	19,5000 10,5000
31. Внешняя высота ножки зуба	$h_{fe1} = h_{f1} + \Delta h_{fe1}$ $h_{fe2} = h_{f2} + \Delta h_{fe2}$	8,1148 12,3712	3,6515 5,8018	14,2500 23,2500
32. Внешняя высота зуба	$h_{e1} = h_{ae1} + h_{fe1}$ $h_{e2} = h_{ae2} + h_{fe2}$	18,7233 18,7234	8,4115 8,6505	33,7500 33,7500
33. Угол конуса вершин	$\delta_{a1} = \delta_1 + \Theta_{a1}$ $\delta_{a2} = \delta_2 + \Theta_{a2}$	24°26' 69°56'	31°10' 67°17'	17°14' 72°46'