



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 исполнитель.

**Экспериментальным научно-ис-  
порежущих станков [ЭНИМС]**

Зам. директора Белов В. С.  
Руководитель темы и исполнитель: Ко.

**ВНЕСЕН Министерством тяжелого, -  
ногого машиностроения**

Зам. министра Сирин П. О.

**ПОДГОТОВЛЕН К УТВЕРЖДЕНИЮ Всесоюз-  
тельским институтом по нормализации в ма-  
шиностроении [ВНИИМШ]**

Директор Верченко В. Р.

**УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постан-  
дартного комитета стандартов Совета Минис-  
тров СССР 15 декабря 1973 г. № 2816**

ПЕРЕДАЧИ ЗУБЧАТЫЕ КОНИЧЕСКИЕ  
С КРУГОВЫМИ ЗУБЬЯМИ

Расчет геометрии

Spiral bevel gear pairs.  
Calculation of geometryГОСТ  
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 на чертеже, 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;

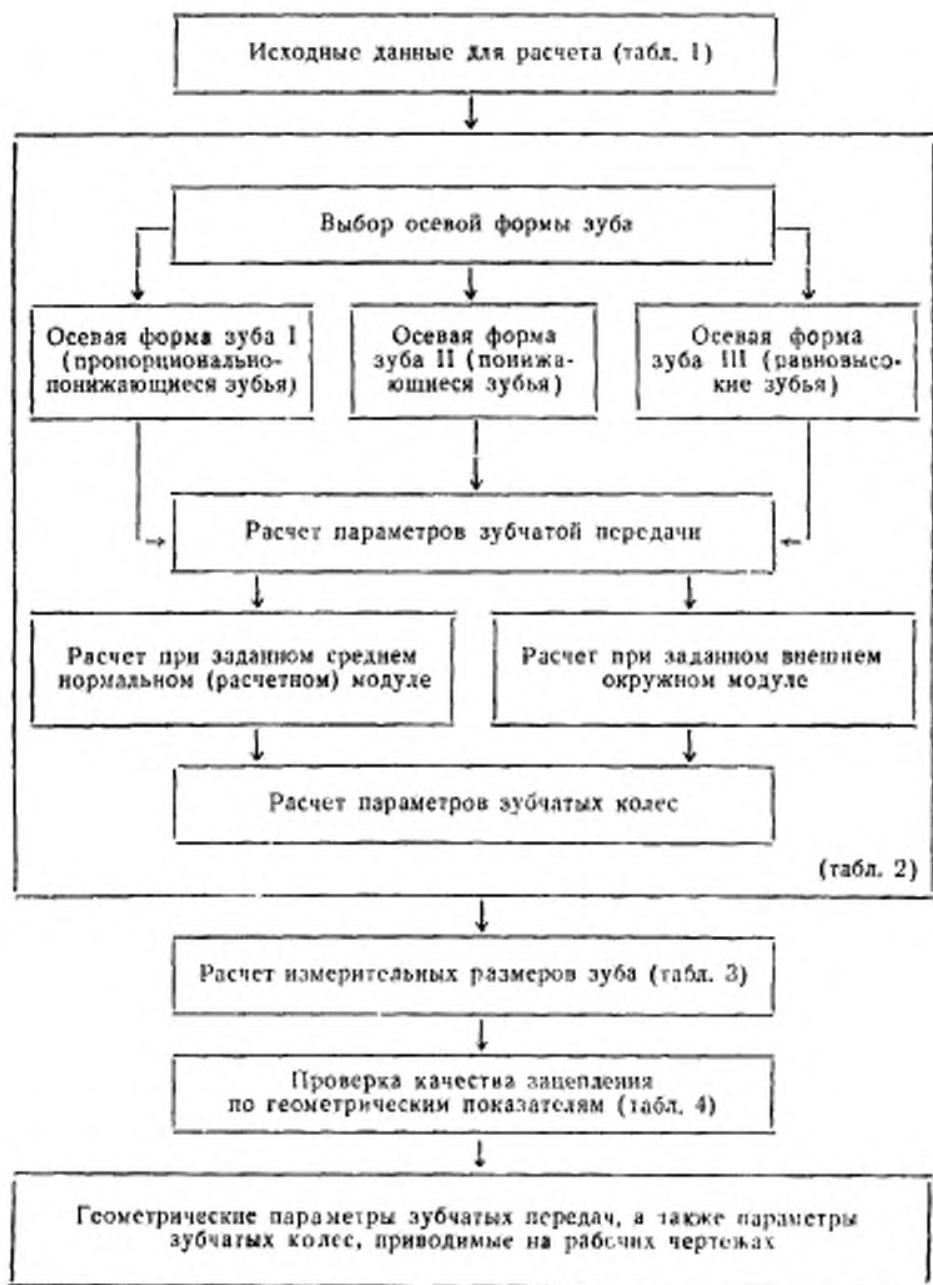
угловые размеры — с точностью не ниже 1';

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

Наименование 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)		$\beta_n$
Направление линии зуба	шестерни	—
	колеса	—
Межосевой угол		$\Sigma$
Средний нормальный исходный контур	Угол профиля	$\alpha_n$
	Коэффициент высоты головки зуба	$h_a^*$
	Коэффициент радиального зазора	$c^*$
	Коэффициент радиуса кривизны переходной кривой в граничной точке профиля зуба	$q_f^*$

## 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  $m_{te}$ .

Таблица 2

## Расчет основных геометрических параметров

Нанесение параметров	Обозначения	Выбор осевой формы зуба	Расчетные формулы и указания
1. Число зубьев плоского колеса	$z_c$	$z_c = \frac{1}{\sin \Sigma} \sqrt{z_1^2 + z_2^2 + 2z_1 z_2 \cos \Sigma}$ . При $\Sigma = 90^\circ$ $z_c = \sqrt{z_1^2 + z_2^2}$ .	
2. Среднее конусное расстояние (при заданном $m_a$ )	$R$		$R = \frac{m_a z_c}{2 \cos \frac{\Sigma}{2}}$
3. Высшее конусное расстояние (при заданном $m_e$ )	$R_e$		$R_e = \frac{m_e z_c}{2}$
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
6. Угол делительного конуса	$\delta$	Расчет параметров зубчатой передачи	$\operatorname{tg} \delta_1 = \frac{\sin \Sigma}{z_1} + \cos \Sigma$ ; $\delta_1 = \Sigma - \delta_1$ .
			При $\Sigma = 90^\circ$ $\operatorname{tg} \delta_1 = \frac{z_1}{z_2}$ , $\delta_2 = 90^\circ - \delta_1$ . При $\Sigma \neq 90^\circ$ углы $\delta$ определяются с точностью до $2^\circ$ . Углы $\delta$ должны находиться в пределах $5-85^\circ$ .

Продолжение табл. 2

Назначение параметров	Обозначения	Расчетные формулы и указания
7. Ширина зубчатого венца	$b$	<p><math>b &lt; 14m_p</math> или <math>b &lt; 10m_{pe}</math>. Исключение составляют зубчатые колеса любых модулей с <math>\beta_p &lt; 20^\circ</math>, зубчатые колеса с <math>m_p \leq 0.2</math> мм, а также зубчатые колеса с осевой формой зуба III, для которых ширина зубчатого венца не должна превосходить <math>0.2R_e</math> или <math>0.25R_e</math> и <math>12m_p</math> или <math>8m_{pe}</math>.</p> <p>Вычислительные значения <math>b</math> при <math>m_p &gt; 1</math> мм округляют до целого числа, а при <math>m_p \leq 1</math> мм — до <math>0.5</math> мм и сопоставляют с допустимыми для выбранного диаметра зуборезной головки (табл. 2, приложение 2).</p> <p>2. Для передач с параметрами по ГОСТ 12289—86 ширину зубчатого венца принимать по указанному стандарту</p>
8. Передаточное число	$i_4$	$i_4 = \frac{z_2}{z_1}$
9. Передаточное число эвольвентной конической передачи	$i_{evb}$	$i_{evb} = \sqrt{\frac{\cos \delta_1}{m \cos \delta_4}}$
10. Число зубьев эквивалентной конической шестерни	$z_{evb}$	$z_{evb} = \frac{z_1}{\cos \delta_1} \cdot \frac{m_{ob}}{\sqrt{1 + m_{ob}^2}}$
11. Коэффициент смещения у шестерни	$x_{\pi 1}$	Рекомендации по выбору величин $x_{\pi 1}$ и $x_{\pi 2}$ приведены в приложении 3
12. Коэффициент изменения расчетной толщины зуба шестерни	$x_{\pi 1}$	

Нанесование параметров	Обозначения	Расчет при заданном среднем нормальным (расчетном) модуле	Расчетные формулы и указания
13. Равног резцов зуборезной головки для чистовой двухсторонней обработки колеса	$W_2$	<p>Если <math>m_n</math> и <math>x_{11}</math> приведены по табл. 2 приложения 1, то <math>W_2</math> принимается по этой же таблице.</p> <p>В других случаях:</p> $W_2' = m_n [0,5\pi - 2(h_a^* + c^*) \lg x_{11} + x_{11}].$	<p>Вычисление значение <math>W_2'</math> рекомендуется округлить до ближайшего значения по табл. 2 приложения 1 или до имеющегося в производстве, соблюдая следующие условия:</p> <p>а) при <math>x_{11} = 0</math> и <math>m_n &gt; 1</math> мм</p> $0,06 m_n \geq (W_2' - W_2) \geq -0,02 m_n;$ <p>при <math>x_{11} = 1</math> и <math>m_n \leq 1</math> мм</p> $0,1 m_n \geq (W_2' - W_2) \geq -0,02 m_n.$ <p>Более того, вычисляется поправка на высоту ножки зуба</p> <p>б) при <math>x_{11} \neq 0</math> и <math>m_n \geq 2</math> мм</p> $0,05 m_n \geq (W_2' - W_2) \geq -0,05 m_n.$ <p>Более того, уточняется значение в п. 12 значение <math>x_{11}</math> по формуле:</p> $x_{11} = \frac{W_2}{m_n} = 0,5\pi + 2(h_a^* + c^*) \lg x_{11}.$

Продолжение табл. 2

Начальные параметры	Обозначения	Расчетные формулы и условия
		Если приведенные в подпунктах <i>a</i> и <i>b</i> неравенства не соблюдаются, то вычисляют новое значение $m_n$ по формуле
		$m_n = \frac{0,5\pi - 2(b_d^* + c^*)\operatorname{tg}\beta_n + x_{c1}}{W_s}.$
		По полученному значению $m_n$ уточняется значение $R$ (п. 2) и проводится последующий расчет
14. Расстояние от внешнего торца до расчетного сечения	$l_e$	$l_e = 0,5b.$ Если необходимо сохранить предварительно заданные габаритные размеры передачи, определяемые $R'_e$ и $m'_{te}$ , при принятых для расчетного сечения $m_n$ и $\beta_n$ , то допускается расчетное сечение сместить относительно середины ширины зубчатого венца, определая его положение по одной из формул: $l_e = R'_e - R; \quad l_e = 0,5\operatorname{tg}\beta_e \left( m'_{te} - \frac{m_n}{\cos\beta_n} \right).$ При этом величина $l_e$ должна быть в пределах $(0,4 \div 0,6) b$ . Если это условие не соблюдается, то следует изменять исходные данные для расчета,например $\beta_n$
15. Внешнее конусное расстояние	$R_e$	$R_e = R + l_e$
16. Внешний окружной модуль	$m_{te}$	$m_{te} = \frac{2R_e}{z_e}$

Назначование параметров	Обозначения	Расчет при заданном внешнем окружном модуле	Расчетные формулы и условия
17. Резец ролик зуборезной головки для чистовой двухсторонней обработки колеса	$W_2$	$W_2 = \left( m_{te} - K_t \frac{b}{2} \right) [0,5\pi - 2(h_a^* + c^*) \cos \varphi_a + x_t] \cos \beta_n$	Первоначальный расчет проводят при $K_t = 1$ , что соответствует расположению расчетного сечения по середине широкого зубчатого венца. Вычисляемое значение округляется до значения по ГОСТ 11902-66 или до имеющегося в производстве.
			Если в результате расчета выявляется необходимость уменьшения или при этом одновременно требуется сохранить номинальным $m_{te}$ , то это может быть достигнуто за счет увеличения или уменьшения $x_t$ не более чем на 0,05 и $0,1$ (при его первоначальном значении свыше $25^\circ$ ) не более чем на $2^\circ$ , а также изменения $K_t$ в пределах $0,8-1,2$ . Изменение указанных параметров может быть произведено по отдельности или в их сочетании.
			Весь последующий расчет выполняют с учетом новых значений $x_t$ и $K_t$ при начальном $K_t$ .
18. Расчетный модуль	$m_n$		$m_n = \left( m_{te} - K_t \frac{b}{2c} \right) \cos \beta_n$
19. Среднее конусное расположение	$R$		$R = \frac{m_n 2c}{2 \cos \beta_n}$
20. Расстояние от внешнего торца до расчетного сечения	$l_e$		$l_e = R_e - R$

Приложение табл. 2

Нанесение параметров		Обозначения	Расчетные формулы и указания	
Расчет параметров зубчатых колес				
			Осьная форма зуба I	Осьная форма зуба II
21. Высота ножки зуба в расчетном сечении	$h_f$		$h_{f1} = (h_a^* + c^* - x_{n1}) m_n + \delta h_f;$ $h_{f2} = (h_a^* + c^* + x_{n1}) m_n + \delta h_f.$	Осьная форма зуба II
			Поправка $\delta h_f$ является только при $x_{n1} = 0$ и двухсторонней обработке колеса и принимается по табл. 2 приложеия 1 и 11. Начисляется по п. 13 настоящей таблицы	
22. Нормальная толщина зуба в расчетном сечении	$s_n$	$\Theta_{f\Sigma}$	$s_{n1} = (0,5x_1 + 2x_{n1} \operatorname{tg} \alpha_n + x_{n1}) m_n;$ $s_{n2} = x_{n1} m_n - s_{n1}$	Осьная форма зуба II
23. Сумма углов ножек зубьев шестерни и колеса			—	При $\beta_n = 0$ $\Theta_{f\Sigma} = \frac{10800}{z_c \operatorname{tg} \alpha_n}$ (в минутах). Угол $\Theta_{f\Sigma}$ не должен быть больше 900'. При $\beta_n \neq 0$ $\Theta_{f\Sigma} = \frac{K}{\sin \beta_n}$ (в минутах), где $K = \frac{10800 \operatorname{tg} \beta_n}{z_c \operatorname{tg} \alpha_n} \times$ $\times \left(1 - \frac{2R \sin \beta_n}{d_0}\right)$ .

Продолжение табл. 2

Напоминания по разм. трой	Обозначения	Расчетные формулы и указания
		Значение $K$ должно находиться в пределах 0—500 (см. приложение 4). Значение $K$ при $m_p \geq 2$ мм рекомендуется округлить вправо на 20
24. Угол ножки зуба	$\Theta_f$	Осеная форма зуба I $\Theta_{f1} = \Theta_{f2} \left( 0,5 - \frac{2}{\pi} \times \right. \times \left. x_n \lg x_n \right);$ $\Theta_{f2} = \Theta_{f2} - \Theta_{f1};$ $\Theta_{f1}, \Theta_{f2}$ и $\Theta_{f2}$ — в минутах
25. Угол головки зуба	$\Theta_3$	$\Theta_{a1} = \Theta_{f3};$ $\Theta_{a2} = \Theta_{f1};$ $\Theta_{a3} = \Theta_{f2};$ $\Theta_{a1} = K_{a1} \Theta_{f3};$ $\Theta_{a2} = K_{a2} \Theta_{f1};$ $K_{a1}$ и $K_{a2}$ при исходном кон- $туре по ГОСТ 16202—70$ $\Theta_{a3}$ при исходном кон- $туре по ГОСТ 16202—70$ $\Theta_{a1}$ рекомендуется опреде- $лять по табл. 2 прило- жения 4. \Theta_{a2} — 0 \Theta_{a3} — 0 \Theta_{a1} — необходимо \Theta_{a2} — постоянное зна- \Theta_{a3} — значение радиального заз- \Theta_{a1} — радиальный зазор$

Продолжение табл. 2

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

## Продолжение табл. 2

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

## Продолжение табл. 2

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

## Приимечания:

- 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.
- При чистовой обработке колеса раздельно выпуклой и вогнутой сторон зубьев расчет по пп. 13 и 17 не производится.
- Расчетные формулы и указания по пп. 23—25 для основной формы зуба II являются факультативными.

## Расчет измерительных размеров зуба

Назначение параметров	Обозначения	Расчетные формулы и указания
Расчет постоянной хорды зуба и высоты до постоянной хорды		
1. Постоянная хорда зуба	$\bar{s}_c$	$\bar{s}_c = s_n \cos^2 \alpha$ , где $s_n$ — по табл. 2, п. 22
2. Высота до постоянной хорды зуба	$\bar{h}_c$	$\bar{h}_c = h_a - 0,255 s_n \tan \alpha$ , где $h_a$ — по табл. 2, п. 22
Расчет лепестковой толщины зуба по хорде и высоты до хорды		
3. Половина угловой толщины зуба в нормальном сечении	$\psi_n$	$\psi_n = \frac{s_n \cos \delta}{m_n z} \cos^3 \alpha$ , где $s_n$ — по табл. 2, п. 22, $\delta$ — по табл. 2, п. 6
4. Коэффициент, зависящий от угловой толщины зуба в расчетном сечении	$K_{\Phi n}$	$K_{\Phi n} = 1 - \frac{\psi_n^2}{6}$ . Значения $K_{\Phi n}$ приведены в табл. 1 приложения 5

Продолжение табл. 3

Нанесение измерений	Обозначение	Расчетные формулы и указания
5. Делительная толщина зуба по хорде в расчетном сечении	$s_n$	$\bar{s}_n = s_n K_{\psi n}$ Метод измерения рекомендуется для шестерни при любом значении $\chi_{n1}$ , а для колеса — при $\chi_{n1} \leq 0,1$
6. Высота до делительной хорды зуба в расчетном сечении	$\bar{h}_a$	$\bar{h}_a = h_a + 0,25 s_n \psi_n$ Метод измерения рекомендуется для колеса при $\chi_{n1} > 0,4$ , $d_{y1} = d_2 - m \cos \delta_2$
7. Толщина зуба колеса по хорде на концентрической окружности диаметром $d_{y2}$	$\bar{s}_{ny2}$	$\bar{s}_{ny2} = s_{ny2} K_{\psi n2} + m_n \lg \alpha_n$ Метод измерения рекомендуется для колеса при $\chi_{n1} > 0,4$ , $d_{y1} = d_2 - m \cos \delta_2$
8. Высота до хорды зуба колеса на концентрической окружности диаметром $d_{y2}$ в расчетном сечении	$\bar{h}_{ay2}$	$\bar{h}_{ay2} = h_{ay2} + 0,25 s_n \psi_n + 0,5 m_n$
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	$\beta_{ne}$	$\sin \beta_{ne} = \frac{R}{R_e} \sin \beta_n + \left( \frac{R_e}{R} - \frac{R}{R_e} \right) \frac{R}{d_0}$ , где $R_e$ , $R$ и $d_0$ — по табл. 2,пп. 2, 3, 5, 15, 19
10. Внутренний угол наклона средней линии зуба	$\beta_{ni}$	$\sin \beta_{ni} = \frac{R}{R_e - b} \sin \beta_n + \left( \frac{R_e - b}{R} - \frac{R}{R_e - b} \right) \frac{R}{d_0}$ , где $b$ — по табл. 2, п. 7

Продолжение табл. 3

Название параметров	Обозначения	Расчетные формулы и указания
11. Расчетное расстояние от внешнего торца до измерительного сечения	$l_x'$	$l_x' = 0,5s_a \frac{R_x}{R \cos \beta_a} \sin \beta_a \cos \beta_a$ где $s_a$ — по табл. 2, п. 22
12. Величина предизмеренного смещения измерительного сечения	$l_x^*$	Определяют путем построения или рассчитывают по формуле $l_x^* = 0,5 (d_{ae} - d_{ae}^*) (\operatorname{ctg} \delta_a + \operatorname{tg} \delta_a) \cos \delta_a$ где $\delta_a$ и $d_{ae}$ — по табл. 2, пп. 33 и 37
13. Принятое расстояние от внешнего торца до измерительного сечения	$l_x$	Большее 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	$\beta_{nx}$	$\sin \beta_{nx} = \frac{R}{R_x} \sin \beta_a + \left( \frac{R_x}{R} - \frac{R}{R_x} \right) \frac{R}{d_0} \beta_{na}$

## Продолжение табл. 3

Название параметров	Обозначения	Расчетные формулы и указания
16. Окружная толщина зуба в торцовом сечении, соответствующем конусному расчетному радиусу $R_x$	$s_{fx}$	$s_{fx} = \frac{W_2 + 2(h_{fx} - l_{x1} \cos \theta_{fx}) \cos \alpha}{\cos \beta_{nxt}}$ $s_{fx} = \frac{\pi m_n}{\cos \beta_n} \cdot \frac{R_{x2}}{R} -$ $W_2 + 2(h_{fx} - l_{x2} \cos \theta_{fx}) \cos \alpha$ $- \frac{\cos \beta_{nxt}}{\cos \beta_{nxt}},$ <p>где <math>W_2</math>, <math>\theta_{fx}</math>, <math>h_{fx}</math> — по табл. 2, табл. 13, 17, 24 и 31  <math>s_{fx}</math> — по табл. 2, п. 22</p>
17. Половина угловой толщины зуба в измерительном сечении	$\psi_{nxt}$	$\psi_{nxt} = \frac{s_{fx} R_{x2} \cos \delta}{R_x d_e} \cos^2 \beta_{nxt},$ $\psi_{nxt} = 1 - \frac{\Psi_{nxt}^2}{6}.$
18. Коэффициент, зависящий от угловой толщины зуба в измерительном сечении	$K_{\psi nxt}$	Значения $K_{\psi nxt}$ приведены в табл. 1 приложения 5
19. Деятельная толщина зуба по хорде в измерительном сечении	$\bar{s}_x$	$\bar{s}_x = s_{fx} K_{\psi nxt} \cos \beta_{nxt},$ <p>В зависимости от метода обработки колеса в формулу подставляется соотвествующее значение <math>s_{fx}</math>, вычисляемое по п. 16</p>

## Продолжение табл. 3

Напечатанные параметры	Обозначение	Расчетные формулы и указания
20. Коэффициент для расчета высоты до делительной хорды зуба в измерительном сечении	$K_{h_x}$	$K_{h_x} = 0,25 \cos \varphi_{n_x}$
21. Высота до делительной хорды зуба	$\bar{h}_{o,x}$	$\bar{h}_{o,x} = h_{o,e} + s_{i,x} K_{h_x} \psi_{n_x} - l_{x,t} \operatorname{tg} \theta_{o,z}$ где $\theta_{o,z}$ — по табл. 2, п. 25
22. Толщина зуба колеса по хорде на концентрической окружности диаметром $d_{y,z}$ в измерительном сечении	$\bar{s}_{n,y,z}$	$\bar{s}_{n,y,z} = s_{i,x} \cos \varphi_{n,x} K_{\psi_{n,x}} + m_n \operatorname{tg} \theta_{n,z}$ Метод измерения рекомендуется для колеса при $K_{n,z} > 0,4$ ,
23. Высота до хорды зуба колеса на концентрической окружности диаметром $d_{y,z}$ в измерительном сечении	$\bar{h}_{o,y,z}$	$\bar{h}_{o,y,z} = h_{o,e} + s_{i,x} K_{h_x} \cos \varphi_{n,x} - l_{x,t} \operatorname{tg} \theta_{o,z} + 0,5 m_n$ где $d_{i,x} \cdot d_z \cdot \frac{R_x}{R}$

Причина. Выбран измерительного сечения и метода измерения на колесах измерительных разъемов настоящий стандартом не регламентируется.

Таблица 4

## Проверка качества зацепления по геометрическим показателям

Наименование параметров	Обозначение	Расчетные формулы и указания
Проверка отсутствия подрезания зубьев у внешнего и внутреннего торцов профиля зуба		
1. Внешний угол торцового профиля зуба	$\alpha_{fe}$	$\lg \alpha_{fe} = \frac{\lg \alpha_e}{\cos \beta_{fe}},$ где $\beta_{fe}$ — по табл. 3, п. 9.
2. Внутренний угол торцового профиля зуба	$\alpha_{fi}$	$\lg \alpha_{fi} = \frac{\lg \alpha_e}{\cos \beta_{fi}},$ где $\beta_{fi}$ — по табл. 3, п. 10
3. Угол торцового профиля зуба в расчетном сечении	$\alpha_i$	$\lg \alpha_i = \frac{\lg \alpha_e}{\cos \beta_{in}},$ где $\beta_{in}$ — по табл. 2, пп. 7, 31
4. Внутренняя высота ножки зуба	$h_{fi}$	$h_{fi} = h_{fe} - b \lg \Theta_f,$ где $b$ , $h_{fe}$ — по табл. 2, пп. 7, 31
5. Наибольшая внешняя высота ножки зуба, ограниченная подрезанием	$h_{fe}'$	$h_{fe}' = R_e \lg \sin^2 \alpha_{fe} + Q_0 (1 - \sin \alpha_{fe}),$ где $Q_0$ — радиус закругления вершин фасонов зуборезной головки; $R_e$ , $\delta$ — по табл. 2, пп. 3 или 15 и 6. При $h_{fe}' > h_{fe}$ подрезание зуба у внешнего торца отсутствует
6. Наибольшая внутренняя высота ножки зуба, ограниченная подрезанием	$h_{fi}'$	$h_{fi}' = (R_e - b) \lg \delta \sin^2 \alpha_{fi} + Q_0 (1 - \sin \alpha_{fi}).$ При $h_{fi}' > h_{fi}$ подрезание зуба у внутреннего торца отсутствует

Наименование параметров	Обозначение	Расчетные формулы и указания
<b>Проверка нормальной толщины зуба на поверхности вершин в расчетном сечении</b>		
7. Число зубьев эквивалентного цилиндрического зубчатого колеса	$z_{vt}$	$z_{vt} = \frac{z}{\cos \delta}$ где $\delta$ — по табл. 2, п. 6. Упрощенный расчет $z_{vt}$ приведен в приложении 5
8. Действительный 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	$\alpha_{tg}$	$\cos \alpha_{tg} = \frac{d_{vt}}{d_{avt}} \cos \alpha_t$
11. Угол наклона средней линии зуба на поверхности вершин в расчетном сечении	$\beta_{na}$	$\operatorname{tg} \beta_{na} = \frac{d_{avt}}{d_{vt}} \operatorname{tg} \beta_n$

## Продолжение табл. 4

Номеровинка приборов	Обозначения	Расчетные формулы и указания
12. Нормальная толщина зуба на поверхности вершины в расчетном сечении, выраженная в долях нормального модуля	$s_{\text{нн}}^*$	$s_{\text{нн}}^* = \frac{d_{\text{нн}}}{m_n} \left( \frac{s_n}{d_{\text{нн}} \cos \varphi_n} + \text{inv} \varphi_n - \text{inv} \varphi_{\text{нн}} \right) \cos \varphi_{\text{нн}}$ <p>Значения в скобках определяются с точностью не ниже 0,000001. При числе зубьев <math>z \geq 150</math> нормальную толщину зуба на поверхности вершины колеса можно определить по формуле:</p> $s_{\text{нн}}^* = (s_n - 2h_a \text{tg} \varphi_n) \cdot m_n^*$ <p>Рекомендуется <math>s_{\text{нн}}^* = 0,3</math> при однородной структуре материала зубьев и <math>s_{\text{нн}}^* = 0,4</math> при поверхностном упрочнении зубьев</p> <p>При исходном контуре по ГОСТ 16282-70 <math>s_{\text{нн}}^*</math> приближенно определяют по черт. 2 приложения 5</p>
13. Делительный диаметр внешнего эвольвентного цирконарического зубчатого колеса	$d_{\text{нн}}$	$d_{\text{нн}} = d_{\text{нн}} \frac{R_c}{R},$ <p>где <math>R_c</math>, <math>R</math> — по табл. 2, п. 2 или 19, 3 или 45</p>
14. Делительный диаметр внутреннего эвольвентного цирконарического зубчатого колеса	$d_{\text{нн}}$	$d_{\text{нн}} = d_{\text{нн}} \frac{R_c - b}{R},$ <p>где <math>b</math> — по табл. 2, п. 7</p>
15. Внутренняя высота головки зуба	$h_{\text{нн}}$	$h_{\text{нн}} = h_{\text{аа}} - b \text{tg} \Theta_a,$ <p>где <math>h_{\text{аа}}</math> и <math>\Theta_a</math> — по табл. 2, пп. 25 и 30</p>

## Продолжение табл. 4

Наименование параметров	Обозначение	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	$d_{avtl}$	$d_{avtl} = d_{vte} + 2h_{al}$
18. Угол профиля на окружности вершин внешнего эквивалентного цилиндрического зубчатого колеса	$\alpha_{te}$	$\cos \alpha_{te} = \frac{d_{avte}}{d_{vte}} \cos \alpha_{fe}$
19. Угол профиля на окружности вершин внутреннего эквивалентного цилиндрического зубчатого колеса	$\alpha_{tl}$	$\cos \alpha_{tl} = \frac{d_{avtl}}{d_{vte}} \cos \alpha_{fl}$
20. Внешний угол наклона средней линии зуба на поверхности вершины	$\beta_{te}$	$\operatorname{tg} \beta_{te} = \frac{d_{avte}}{d_{vte}} \operatorname{tg} \beta_{fe}$
21. Внутренний угол наклона средней линии зуба на поверхности вершины	$\beta_{tl}$	$\operatorname{tg} \beta_{tl} = \frac{d_{avtl}}{d_{vte}} \operatorname{tg} \beta_{fl}$

Приложение табл. 4

Назначение параметров	Обозначения	Расчетные формулы и указания
22. Внешний окружной толщина зуба шестерни	$s_{te1}$	При двустороннем методе обработки колеса где $W_2$ — по табл. 2, п. 13.17. При одностороннем методе обработки колеса и шестерни
		$s_{te1} = \frac{W_2 + 2h_{te1} \lg \alpha_n}{\cos \beta_{te1}},$ $s_{te1} = \frac{s_{n1}}{\cos \beta_n} \cdot \frac{R_e}{R},$ где $s_{n1}$ — по табл. 2, п. 22
23. Внутренняя окружная толщина зуба шестерни	$s_{ti1}$	При двустороннем методе обработки колеса где $W_1$ — При одностороннем методе обработки колеса и шестерни
		$s_{ti1} = \frac{W_1 + 2h_{ti1} \lg \alpha_n}{\cos \beta_{ti1}},$ $s_{ti1} = \frac{s_{n1}}{\cos \beta_n} \cdot \frac{R_e - b}{R}$
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	$s_{nne}$	$s_{nne} = d_{ave} \left( \frac{s_{te}}{d_{ave}} + \operatorname{inv} \alpha_{te} - \operatorname{inv} \alpha_{ne} \right) \cos \beta_{nne}.$ При $z_{te} > 150$
		$s_{nne} = s_{te} \cos \beta_{nne} - 2h_{ne} \lg \alpha_n$

Продолжение табл. 4

Нанесенные параметры	Обозначение	Расчетные формулы и указания
27. Внутренняя нормальная толщина зуба на поверхности вершин	$s_{nat}$	$s_{nat} = d_{avit} \left( \frac{s_{tl}}{d_{avit}} + \operatorname{inv} \alpha_t - \operatorname{inv} \alpha_{tl} \right) \cos \beta_{nat}$ При $2 \gamma_t > 150$
28. Коэффициент сужения нормальной толщины зуба	$K_y$	$K_y = \frac{s_{nat}}{s_{nat}}$
29. Угол сужения нормальной толщины зуба на поверхности вершин	$\gamma_t$	Должно выполняться условие $0,7 \leq K_y \leq 1,3$ $\gamma_t = \frac{(s_{nat} - s_{nac}) \cos \beta_n}{b}$ Должно выполняться условие $-0,05 \leq \gamma_t \leq 0,07$
Проверка коэффициентов перекрытия		
30. Коэффициент торцевого перекрытия	$e_a$	$e_a = e_a + e_b - e_c$ ПДС $e_a = \frac{1}{\pi \cos \alpha_t} \sqrt{\left( \frac{z_{vt1}}{2} + \frac{h_{vt1} \cos \beta_n}{m_n} \right)^2 - \left( \frac{z_{vt2}}{2} \cos \alpha_t \right)^2};$ $e_b = \frac{1}{\pi \cos \alpha_t} \sqrt{\left( \frac{z_{vt2}}{2} + \frac{h_{vt2} \cos \beta_n}{m_n} \right)^2 - \left( \frac{z_{vt3}}{2} \cos \alpha_t \right)^2};$ $e_c = \frac{z_{vt3} + z_{vt2}}{2\pi} \lg \gamma_t$
31. Коэффициент оконного перекрытия	$e_p$	$e_p \approx \frac{b \cdot \sin \beta_n}{m_n}$ Упрощенный расчет $e_p$ производится по черт. 3 прилож. 5. При $\beta_n > 20$ рекомендуется $e_p \approx 1,25$

## Приложение табл. 4

Нанесение параметров	Обозначение	Расчетные формулы и указания
32. Коэффициент суммарного перекрытия	$\varepsilon_1$	$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_a^2 + \varepsilon_b^2} \quad \text{для передач с локализованным пятном контакта;}$ $\varepsilon_1 = \varepsilon_a + \varepsilon_b \quad \text{для передач с нелокализованным пятном контакта}$

П р и м е ч а н и е. Проверка производится при параметрах исходного контура, отличных от установленных ГОСТ 16202—70, или при отступлениях от рекомендаций, содержащихся в приложениях 1—4.

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1 к ГОСТ 19326—73**  
**Рекомендуемое**

**ВЫБОР ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ РАСЧЕТА**

**1. Передаточные числа. Числа зубьев конических зубчатых колес**

Понижающие конические передачи могут выполняться с передаточными числами  $i$  от 1 до 10. Предпочтительными к применению являются передаточные числа от 1 до 6,3 ряда  $R_n$  10 по ГОСТ 8032—56. Для передач редукторов с параметрами по ГОСТ 12289—66 это требование является обязательным.

Повышающие передачи не рекомендуется выполнять с передаточными числами больше 3,15.

Числа зубьев шестерни и колеса ортогональной конической зубчатой передачи следует выбирать с учетом данных, приведенных в табл. 1.

Число зубьев цементованных конических зубчатых колес рекомендуется определять по черт. 1.

Термически улучшенные конические зубчатые колеса могут выполняться с тем же или с увеличенным на 10—20% числом зубьев.

**2. Модули**

В системе расчета по настоящему стандарту в качестве расчетного принят нормальный модуль  $m_n$  в середине ширины венца или в расчетном сечении, близком от нее (см. пл. 14 и 20 табл. 2 настоящего стандарта).

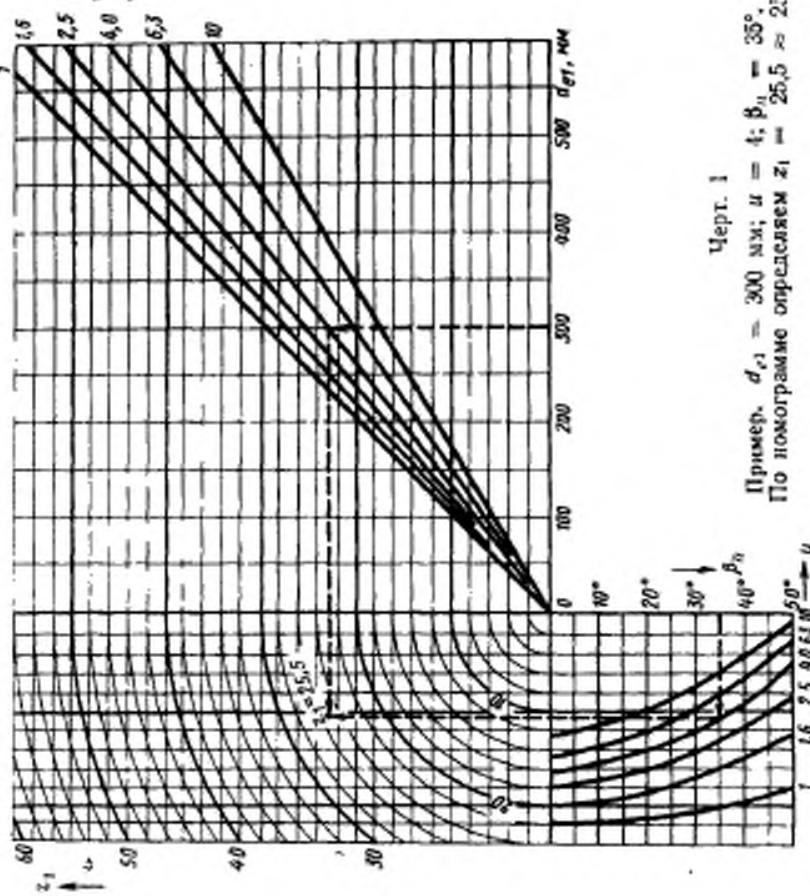
Таблица 1

**Минимально допустимые числа зубьев ортогональной конической передачи с круговыми зубьями при исходном контуре по ГОСТ 16202—70**

Число зубьев шестерни $z_1$	Наименьшее число зубьев колеса $z_2$	Число зубьев шестерни $z_1$	Наименьшее число зубьев колеса $z_2$
6	34 при $\beta_n \geq 42^\circ$	12	30 при $\beta_n$ от 0 до $15^\circ$ 28 при $\beta_n \geq 20^\circ$ 26 при $\beta_n$ св. 29 до $45^\circ$
7	33 при $\beta_n \geq 40^\circ$	13	26 при $\beta_n$ от 0 до $15^\circ$ 24 при $\beta_n$ св. 15 до $29^\circ$ 22 при $\beta_n$ св. 29 до $45^\circ$
8	32 при $\beta_n \geq 38^\circ$	14	20 при $\beta_n$ от 0 до $45^\circ$
9	31 при $\beta_n \geq 35^\circ$	15	19 при $\beta_n$ от 0 до $45^\circ$
10	32 при $\beta_n \geq 28^\circ$ 30 при $\beta_n \geq 32^\circ$	16	18 при $\beta_n$ от 0 до $45^\circ$
11	30 при $\beta_n \geq 25^\circ$ 28 при $\beta_n$ св. 29 до $45^\circ$	17	17 при $\beta_n$ от 0 до $45^\circ$

Номограмма для определения рекомендуемого числа зубьев конических

$$\text{шестерен } [r_{11} = 20^\circ; \Sigma = 90^\circ] \quad z_1 = \left[ 22 - 9 \lg u + \left( \frac{16}{n} - 22 \right) \sin^2 \beta_n \right] + \left( 6,25 - 4 \lg u \right) \frac{d_{11}^2}{645}$$



Черт. 1

Пример.  $d_{11} = 300$  мм;  $u = 4$ ;  $\beta_{11} = 35^\circ$ .  
По номограмме определяем  $z_1 = 25,5 \approx 25$ .

В качестве исходного для расчета вместо  $m_n$  может быть принят внешний окружной модуль  $m_{1e}$ . Так, для федустановочных передач с параметрами по ГОСТ 12269—66, в котором стандартизованы внешние делительные диаметры колес ( $d_{e2}$ ), первоначально определяют внешний окружной модуль  $m_{1e} = \frac{d_{e2}}{z_2}$ , который и принимают в качестве исходного для дальнейшего расчета.

При  $m_n < 2$  исходный для расчета принимается только средний нормальный модуль.

Модули  $m_n$  рекомендуется устанавливать по ГОСТ 9563—60, им соответствуют разводы резцов зуборезных головок по ГОСТ 11902—66 (табл. 2).

Допускается применять дробные и нестандартные значения  $m_n$ . При наличии зуборезной головки с разводом резцов  $W_2$  модуль  $m_n$  определяют из уравнения

$$m_n = \frac{W_2}{0.5\pi - 2(h_a^* + c^*) \operatorname{tg} \alpha_n - x_t};$$

при исходном контуре по ГОСТ 16202—70

$$m_n = \frac{W_2}{0.6609 + x_{t_1}}.$$

Если в качестве исходного для проектирования задано внешнее конусное расстояние  $R_e$ , то расчетный нормальный модуль может быть определен по формуле

$$m_n \approx \frac{1.7R_e \cos \beta_n}{z_c}.$$

### 3. Угол наклона и направление линии зуба

Расчетный угол наклона зуба  $\beta_n$  может находиться в пределах 0—45°. Рекомендуется применять одно из значений ряда: 0; 10; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 45°.

Предпочтителен к применению угол наклона  $\beta_n = 35^\circ$ . При  $z$ , от 6 до 12 рекомендуемые значения  $\beta_n$  указаны в табл. 1.

Угол  $\beta_n$  целесообразно назначать таким, чтобы коэффициент осевого перекрытия  $\epsilon_B$  был не менее 1,25; при требовании максимальной плавности работы передачи рекомендуется  $\epsilon_B > 1,6$  (см. черт. 3 приложения 5).

При назначении угла  $\beta_n$  следует также учитывать, что с его увеличением возрастают нагрузки на опоры и валы.

В табл. 3 приведены формулы для определения величины и направления осевого и радиального усилий в зацеплении конических зубчатых колес с круговыми зубьями, а на черт. 3 графики для определения величины и направления осевого усилия в ортогональной конической передаче при угле профиля исходного контура  $\alpha_n = 20^\circ$ .

При совпадении направлений линий зуба с направлением вращения, если смотреть со стороны вершины делительных конусов ведущего конического зубчатого колеса понижающей передачи и ведомого конического зубчатого колеса повышающей передачи, осевые усилия на них будут направлены от вершин делительных конусов.

Сопряженные зубчатые колеса имеют противоположные направления линий зуба.

При проектировании конических зубчатых колес с осевой формой зуба I в некоторых случаях расчетный угол наклона зубьев назначают с учетом номера резцов, используемых при зубонарезании.

Таблица 2

Разводы  $W_2$  резцов зуборезных головок по ГОСТ 11902—66 и соответствующие им значения коэффициентов изменения расчетной толщины зуба шестерни  $x_{\text{т1}}$  при средних нормальных модулях  $m_n$  по ГОСТ 9563—60

Средний нормальный модуль $m_n$	$x_{\text{т1}}$		$W_2$	$\delta h_f$	$x_{\text{т1}}$		$W_2$	$x_{\text{т1}}$	$W_2$
	1-я ряд	2-й ряд							
0,4		0,00	0,20	0,018	—	—	—	—	—
	0,45	0,00	0,25	0,020	—	—	—	—	—
0,5		0,00	0,25	0,060	—	—	—	—	—
	0,55	0,00	0,32	0,005	—	—	—	—	—
0,6		0,00	0,32	0,045	—	—	—	—	—
	0,7	0,00	0,40	0,016	—	—	—	—	—
0,8		0,00	0,40	0,097	—	—	—	—	—
	0,9	0,00	0,50	0,040	—	—	—	—	—
1,0		0,00	0,60	-0,016	—	—	—	—	—
	1,125	0,00	0,70	0,060	—	—	—	—	—
1,25		0,00	0,80	0,036	—	—	—	—	—
	1,375	0,00	0,90	0,012	—	—	—	—	—
1,5		0,00	1,00	-0,010	—	—	—	—	—
	1,75	0,00	1,10	0,077	—	—	—	—	—
2,0		0,00	1,3	0,030	0,04	1,4	0,14	1,6	
	2,25	0,00	1,4	0,119	0,05	1,6	0,14	1,8	
2,5		0,00	1,6	0,072	0,06	1,8	0,14	2,0	
	2,75	0,00	1,8	0,024	0,07	2,0	0,14	2,2	
3,0		0,00	2,0	-0,024	0,07	2,2	0,20	2,6	
	3,5	0,00	2,2	0,155	0,08	2,6	0,14	2,8	
4,0		0,00	2,6	0,060	0,04	2,8	0,14	3,2	
	4,5	0,00	2,8	0,239	0,05	3,2	0,14	3,6	
5,0		0,00	3,2	0,143	0,06	3,6	0,14	4,0	
	5,5	0,00	3,6	0,048	0,07	4,0	0,18	4,6	
6,0		0,00	4,0	-0,047	0,10	4,6	0,20	5,2	
	7,0	0,00	4,6	0,036	0,08	5,2	0,20	6,0	
8,0		0,00	5,2	0,120	0,09	6,0	0,15	6,5	
	9,0	0,00	6,0	-0,071	0,06	6,5	0,12	7,0	
10,0		0,00	6,5	0,150	0,04	7,0	0,14	8,0	
	11	0,00	7,0	0,371	0,07	8,0	0,16	9,0	
12		0,00	8,0	-0,095	0,09	9,0	0,17	10,0	
	14	0,00	9,0	0,347	0,05	10,0	0,2	12,0	
16		0,00	10	0,789	0,09	12,0	0,15	13,0	
	18	0,00	12	-0,143	0,06	13,0	0,12	14,0	
20		0,00	13	0,299	0,04	14,0	0,14	16,0	
	22	0,00	14	0,741	0,07	16,0	0,16	18,0	
25		0,00	16	0,718	0,06	18,0	0,14	20,0	

Примечание.  $\delta h_f$  — поправка на высоту ножки зуба (см. табл. 2, п. 21 настоящего стандарта).

Таблица 3

## Формулы для определения усилий в зацеплении

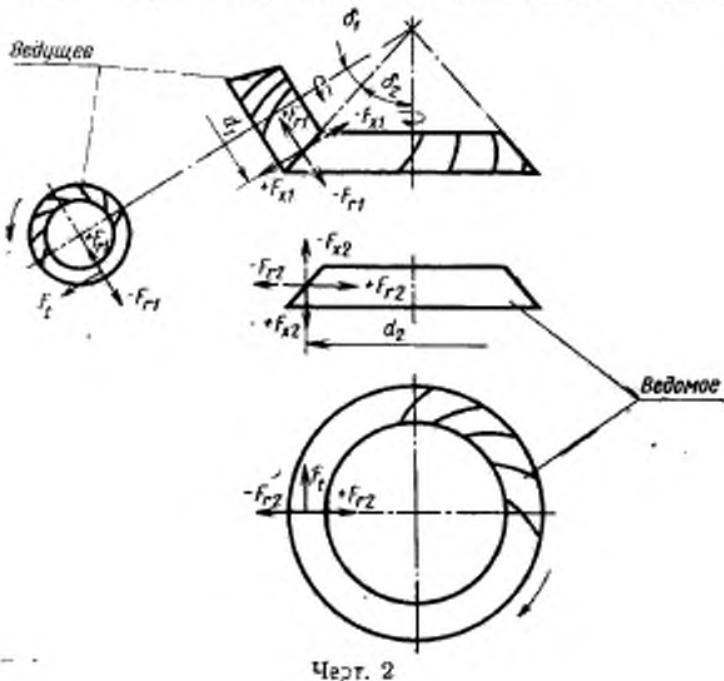
Усилия	Ведущее зубчатое колесо	Ведомое зубчатое колесо
Окружное	$F_t = \frac{2T_1}{d_1} = \frac{2T_2}{d_2}$ , где $T_1$ и $T_2$ — моменты на шестерне и колесе	
Осьное	$F_x = F_t \left( \operatorname{tg} \alpha_n \frac{\sin \delta}{\cos \beta_n} \pm \operatorname{tg} \beta_n \cos \delta \right)$	$F_x = F_t \left( \operatorname{tg} \alpha_n \frac{\sin \delta}{\cos \beta_n} \pm \operatorname{tg} \beta_n \cos \delta \right)$
Радиальное	$F_r = F_t \left( \operatorname{tg} \alpha_n \frac{\cos \delta}{\cos \beta_n} \pm \operatorname{tg} \beta_n \sin \delta \right)$	$F_r = F_t \left( \operatorname{tg} \alpha_n \frac{\cos \delta}{\cos \beta_n} \pm \operatorname{tg} \beta_n \sin \delta \right)$

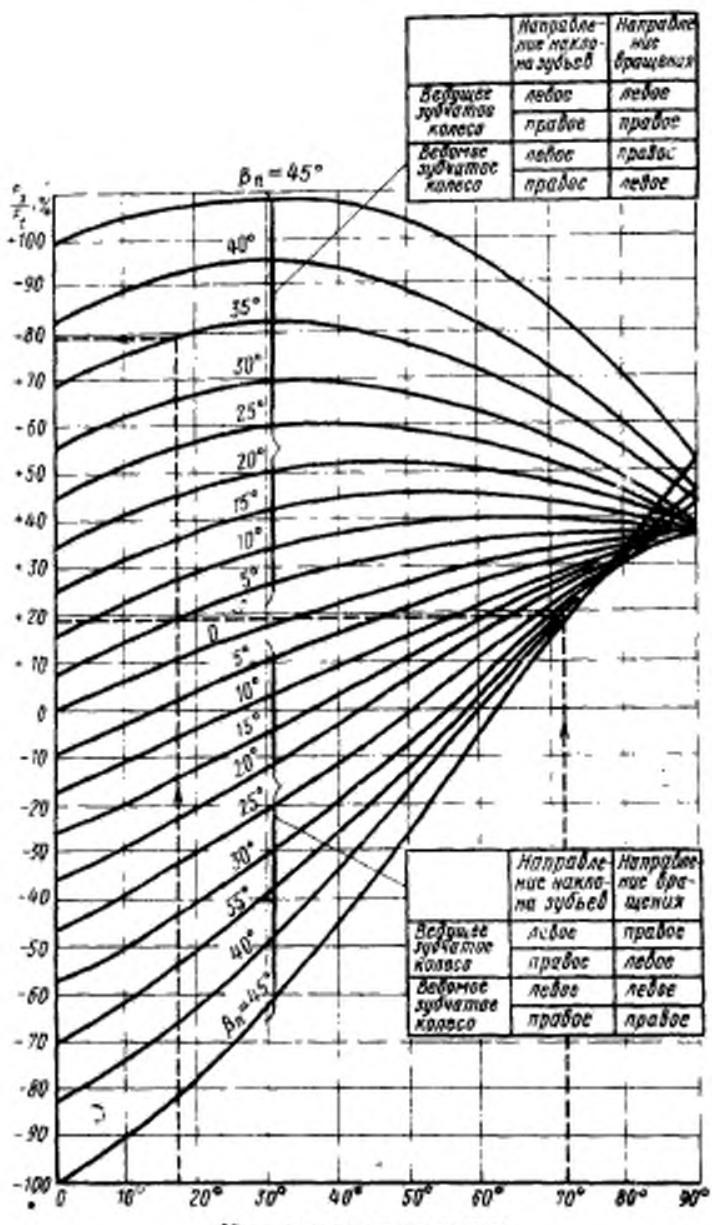
## Примечания:

1. Верхние знаки в формулах даны для случая, когда направление вращения рассматриваемого зубчатого колеса (если смотреть на него с вершины делительного конуса) совпадает с направлением наклона зубьев, как показано на черт. 2; нижние знаки — при отсутствии такого совпадения.

2. Направление вращения по часовой стрелке — правое; против часовой стрелки — левое.

3. Направления действия усилий  $F_x$  и  $F_r$  определяются по знакам (+ или —), указанным на черт. 2, получаемым в результате расчета по формулам.



Осевые усилия в зацеплении конических зубчатых колес с круговыми зубьями  
[ $\alpha^R = 20^\circ$ ;  $\Sigma = 90^\circ$ ]

Черт. 3

Пример. Дано:  $\beta_1 = 18^\circ$ ;  $\beta_2 = 72^\circ$ ;  $\beta_d = 35^\circ$ ;  
 шестерня: направление наклона — правое; направление вращения — правое;  
 колесо: левое; направление вращения — левое.  
 По nomogramme определяем  $F_{xt} = 0,79F_f$ ;  $F_{x2} = 0,19F_f$ .

Для этого предварительно определяют необходимый номер резцов по формуле

$$N' = \frac{343,8 (h_a^* + c^*)}{z_c} \sin 2\beta_n'$$

и округляют его до значения  $N$  по ГОСТ 11902—66. В приведенной формуле  $\beta_n'$  — предварительное значение угла наклона зуба проектируемой передачи.

Далее окончательно устанавливают расчетный угол наклона зуба  $\beta_n$  по формуле

$$\sin 2\beta_n = \frac{N z_c}{343,8 (h_a^* + c^*)}.$$

При исходном контуре по ГОСТ 16202—70

$$\sin 2\beta_n = \frac{N z_c}{429,75}.$$

#### 4. Параметры исходного контура

Конические передачи с круговыми зубьями общего назначения при  $m_n > 1$  мм должны выполняться с параметрами исходного контура по ГОСТ 16202—70:  $\alpha_n = 20^\circ$ ;  $h_a^* = 1$ ;  $c^* = 0,25$  и  $\rho_f^* = 0,25$ .

Конические передачи с круговыми зубьями при модуле  $m_n < 1$  мм рекомендуется выполнять также в соответствии с указанным исходным контуром, но с увеличенным значением коэффициента радиального зазора  $c^* = 0,35$ .

Для высоконагруженных передач должны соблюдаться следующие условия:

$$\rho_{k,01}' \geq \rho_f^* m_n \text{ и } \rho_{k,02}' \geq \rho_f^* m_n,$$

где  $\rho_{k,01}'$  и  $\rho_{k,02}'$  — наибольшие радиусы закругления резцов, допустимые шириной их вершины при обработке соответственно шестерни и колеса; определяются по пп. 3 и 4 приложения 6.

Для передач, к которым не предъявляются высокие требования в отношении изломкой прочности зубьев, значение  $\rho_f^*$  допускается принимать по радиусам закругления вершин резцов, установленным ГОСТ 11902—66.

## 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  $\beta_n$  устанавливается по черт. 1. Зона, заштрихованная на графике перекрывающимися линиями, соответствует значениям  $K_0$  и  $\beta_n$ , при которых осевые формы зубьев I и II практически являются равновысотными. 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 равновысотных 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  $\beta_n$  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  $\beta_n$  от 0 до  $15^\circ$  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. II.

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

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

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

$$d_0 = m_n z_c \tan \beta_n.$$

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

Если при данных  $R$ ,  $m_n$ ,  $b$  и  $m_d$  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.

Таблица 1

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

Направление параметров	Обозначение	Общая форма зуба		
Средний нормальный модуль, мм	$m_n$	1	II	III
Среднее конусное расстояние, мм	$R$	От 2 до 25	От 0,4 до 25	От 2 до 25
		От 60 до 650	От 6 до 700	От 75 до 750
Отношение среднего конусного расстояния к конинциальному диаметру зуборезной головки	$k_0$	При $\beta_n > 15^\circ$ — в пределах значений, указанных на черт. 1; при $\beta_n < 15^\circ \rightarrow 0,40-0,65$ для осевых форм зуба I и II		
Средний угол наклона зуба	$\beta_n$		От 0 до $45^\circ$	От 25 до $45^\circ$
Число зубьев плоского колеса	$z_c$		с учетом числа зубьев плоского колеса по черт. 2	
		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

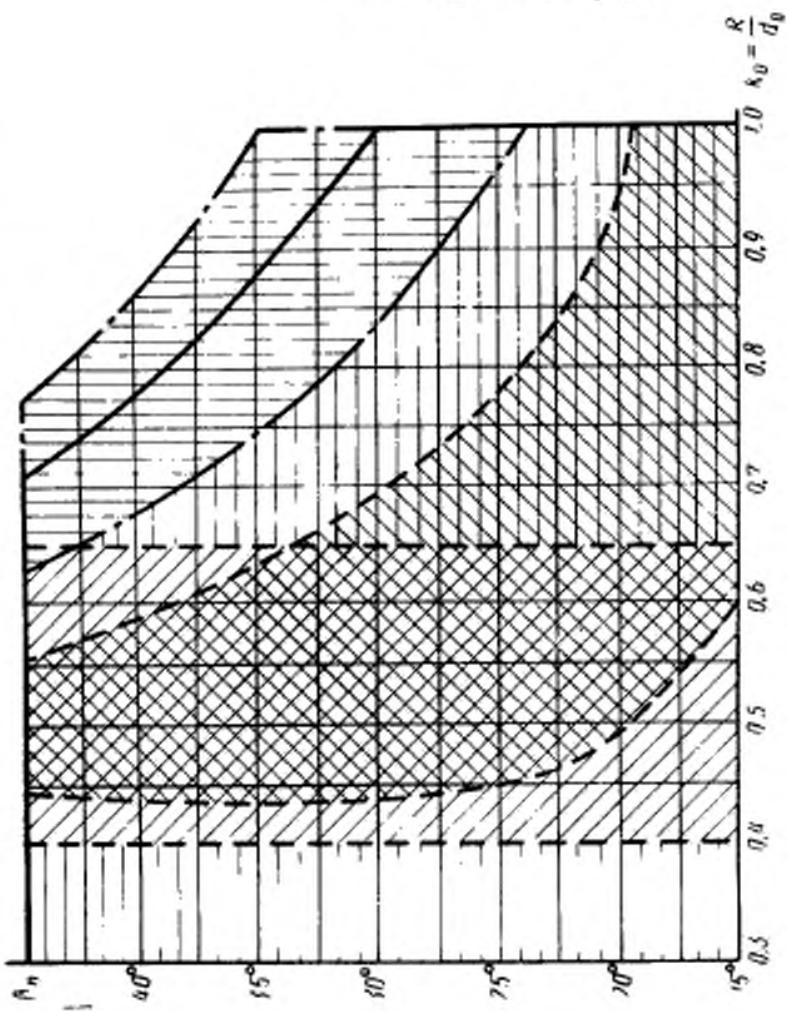
исходный контур —  $l_{\text{баз}}/10\pi$  [10]

Рекомендации  
областн

6777 — ОСВЯЩЕНИЕ ФОРМИ ЗУБА I.

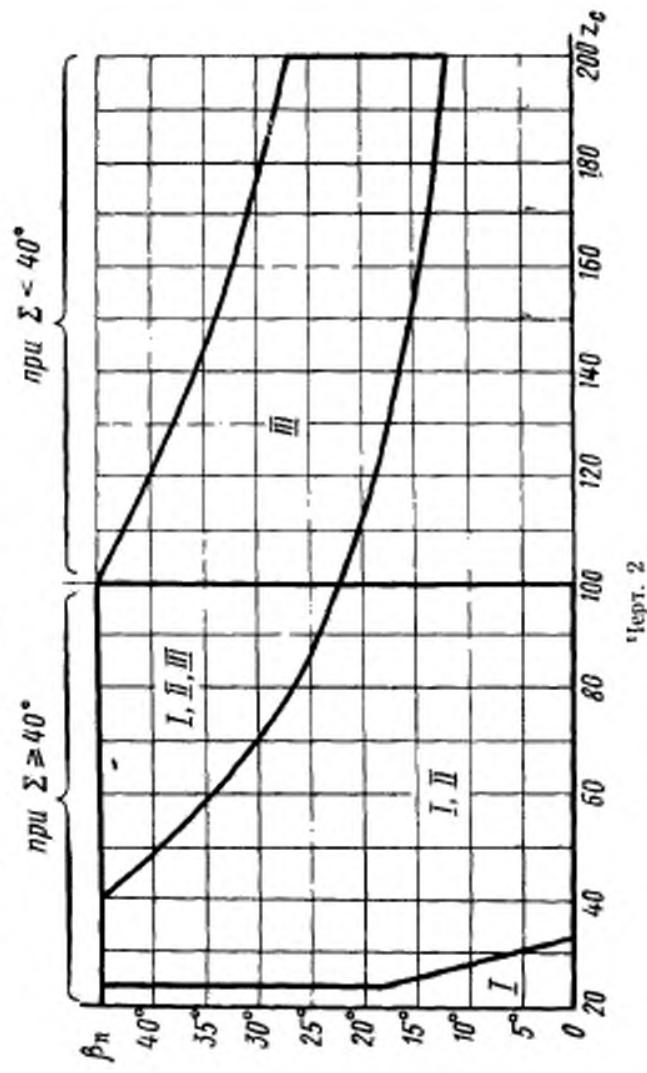
— oceaniforma эубэ II.

— 30 —



Year 1

Области применения осевых форм зуба I, II и III в зависимости от  $z_c$  и  $\beta_n$



Граф. 2

При назначении диаметра зуборезной головки для нарезания конических зубчатых колес по табл. 2, не соответствующих исходному контуру по ГОСТ 16202—70, необходимо производить проверку правильности выбора зуборезной головки по табл. 3.

Для колес с правым направлением линий зубьев при угле делительного конуса  $\delta > 50^\circ$  и отношении  $k_0 = \frac{R}{d_0} > 0,7$  следует проверять правильность выбора диаметра зуборезной головки на отсутствие вторичного резания по графикам, изображенным на черт. 3.

Если ордината на черт. За при данных  $k_0$  и  $\beta_0$  больше ординаты, определяемой по значениям  $\delta$  и  $z_c$  на черт. 3б, то это указывает на отсутствие опасности вторичного резания при чистовой обработке конического зубчатого колеса методом обкатки. Аналогично сравнением ординат на черт. За и в устанавливают отсутствие вторичного резания при черновом нарезании конического зубчатого колеса из целой заготовки методом обкатки.

При расчетах на ЭВМ можно воспользоваться следующими зависимостями, определяющими условия, при которых исключается опасность вторичного резания:

при черновой обработке методом обкатки из целой заготовки

$$\arccotg\left(\frac{2R}{d_0 \cos \beta_n}\right) - \operatorname{tg} \beta_n = \frac{b}{2R} \operatorname{tg} \beta_n - \arccos c > 0,1; \quad (1)$$

при чистовой обработке методом обкатки

$$\arccotg\left(\frac{2R}{d_0 \cos \beta_n}\right) - \operatorname{tg} \beta_n = \frac{b}{2R} \operatorname{tg} \beta_n - 0,5 \arccos c - \frac{5 \cos \beta}{z_c} + \frac{b}{8R} \operatorname{tg} \beta_n > 0,1, \quad (2)$$

где

$$c = \frac{\cos(\delta + \frac{2 \cos \beta_n}{z_c})}{\cos(\delta - \frac{2,5 \cos \beta_n}{z_c})}$$

Если условие, выраженное (1) или графиками (черт. За и в), не соблюдается, то черновое нарезание зубчатых колес следует производить при  $t_n < 2$  мм с наклоном инструментального шпинделя или с использованием других специальных технологических приемов, а при  $t_n > 2$  мм — методом врезания.

Если не соблюдается условие, выраженное неравенством (2) и графиками (черт. За и в), то необходимо увеличить диаметр зуборезной головки или изменить исходные параметры передачи.

Таблица 2  
Выбор номинального диаметра зуборезной головки  
Размеры в мм

Расчетный угол наклона зуба $\beta_K$ , град	Прелемы среднего конусного расстояния $R$		Номинальный диаметр зуборезной головки $d_z$	Внешняя высота зуба $h_e$	Ширина зубчатого венца $b$	Расчетный нормальный модуль $m_n$
	рекомендуемые	допустимые				
Осьвая форма зуба I						
От 0 до 15	36—58	—				
Св. 15 до 29	40—62	—	(88,9)	8	10—20	2—3,0
Св. 29 до 40	40—55	—				
От 0 до 15	40—65	—				
Св. 15 до 29	45—70	—	100	9	10—20	2—3,0
Св. 29 до 40	45—60	—				
От 0 до 15	50—80	—				
Св. 15 до 29	55—90	—	125	10	12—25	2—3,5
Св. 29 до 40	55—75	—				
От 0 до 15	60—100	—				
Св. 15 до 29	70—110	—	(152,4)	10	15—30	2,5—3,5
Св. 29 до 40	70—90	—				
От 0 до 15	65—105	—				
Св. 15 до 29	72—110	—	160	12	16—32	2,5—4
Св. 29 до 40	72—95	—				
От 0 до 15	75—120	—				
Св. 15 до 29	85—135	—	(190,5)	15	20—40	2,5—5
Св. 29 до 40	85—115	—				
От 0 до 15	80—130	—				
Св. 15 до 29	90—140	—	200	15	20—40	2,5—5
Св. 29 до 40	90—120	—				
От 0 до 15	90—150	—				
Св. 15 до 29	100—160	—	(228,6)	15	20—40	2,5—5
Св. 29 до 40	100—135	—				
От 0 до 15	100—160	—				
Св. 15 до 29	110—175	—	250	18	25—50	2,5—6
Св. 29 до 40	110—150	—				
От 0 до 15	120—200	—				
Св. 15 до 29	140—215	—	(304,8)	20	30—65	2,5—7
Св. 29 до 40	140—190	—				
От 0 до 15	120—200	—				
Св. 15 до 29	140—220	—	315	24	32—65	2,5—9
Св. 29 до 40	140—190	—				

## Размеры в мм

Расчетный угол наклона зуба $\beta_R$ , град	Пределы среднего конусного расстояния $R$		Номинальный диаметр зуборезной головки $d_0$	Внешняя высота зуба $h_e$	Ширина зубчатого венца $b$	Расчетный нормальный модуль $m_d$
	рекомендуемые	допустимые				
От 0 до 15	160—250	—	—	—	—	—
Св. 15 до 29	180—280	—	400	30	40—80	3—10
Св. 29 до 40	180—240	—	—	—	—	—
От 0 до 15	180—300	—	—	—	—	—
Св. 15 до 29	200—320	—	(457,2)	28	50—100	4—10
Св. 29 до 40	200—280	—	—	—	—	—
От 0 до 15	200—320	—	—	—	—	—
Св. 15 до 29	225—350	—	500	36	50—100	4—12
Св. 29 до 40	225—300	—	—	—	—	—
От 0 до 15	250—400	—	—	—	—	—
Св. 15 до 29	290—440	—	630	45	70—125	4—16
Св. 29 до 40	290—380	—	—	—	—	—
От 0 до 15	320—520	—	—	—	—	—
Св. 15 до 29	360—580	—	800	60	80—160	5—20
Св. 29 до 40	360—480	—	—	—	—	—
От 15 до 29	400—650	—	1000	70	100—200	6—25
Св. 29 до 40	450—600	—	—	—	—	—

## Осевая форма зуба II

От 0 до 15	5,0—8,5	— 4—9	(12,7)	3	1—4	0,3—0,5
Св. 15 до 45	— 8—13	— 6—14	— 20	— 3	— 1,6—5	— 0,4—0,8
От 0 до 15	— 10—16	— 7—18	— 25	— 3	— 2—6	— 0,4—1,0
Св. 15 до 45	— 11—18	— 8—19	— (27,94)	— 3	— 2,2—6	— 0,4—1,0
От 0 до 15	— 13—21	— 10—22	— 32	— 4	— 2,5—8	— 0,4—1,25
Св. 15 до 45	— 15—26	— 11—26	— (38,1)	— 5	— 3—8	— 0,4—1,25

## Продолжение табл. 2

## Размеры в мм

Расчетный угол наклона зуба $\beta_n$ , град	Пределы среднего конусного расстояния $R$		Номинальный диаметр зуборезной головки $d_0$	Внешняя высота зуба $h_e$	Ширина зубчатого шлица $b$	Расчетный нормальный модуль $m_n$
	рекомендуемое	допустимое				
От 0 до 15 Св. 15 до 45	16—26	— 12—28	40	5	3—10	0,4—1,5
От 0 до 15 Св. 15 до 45	20—32	— 15—35	50 и (50,8)	6	4—12	0,6—2
От 0 до 15 Св. 15 до 45	24—40	— 18—42	60	7	5—15	0,6—2
От 0 до 15 Св. 15 до 45	32—52	— 24—56	80	8	6—20	1—2,5
От 0 до 15 Св. 15 до 45	36—58	— 25—60	(88,9)	8	8—20	1—2,5
От 0 до 15 Св. 15 до 45	40—65	— 30—70	100	9	8—25	1—3
От 0 до 15 Св. 15 до 45	50—80	— 40—90	125	10	10—30	1—3,5
От 0 до 15 Св. 15 до 45	60—100	— 45—105	(152,4)	10	12—30	1,5—3,5
От 0 до 15 Св. 15 до 45	65—105	— 50—110	160	12	13—40	1,5—4
От 0 до 15 Св. 15 до 45	75—120	— 60—135	(190,5)	15	15—40	2—5
От 0 до 15 Св. 15 до 45	80—130	— 60—140	200	15	16—50	2—5
От 0 до 15 Св. 15 до 45	90—150	— 70—160	(228,6)	15	18—60	2—6
От 0 до 15 Св. 15 до 45	100—160	— 75—175	250	18	20—65	2—6
От 0 до 15 Св. 15 до 45	120—200	— 90—210	(304,8)	20	25—80	3—7
От 0 до 15 Св. 15 до 45	120—200	— 95—220	315	24	25—80	3—8

Продолжение табл. 2

## Размеры в мм

Расчетный угол наклона зуба $\beta_n$ , град	Пределы среднего конусного расстояния $R$		Номинальный диаметр зуборезной головки $d_z$	Внешняя высота зуба $h_e$	Ширина зубчатого венца $b$	Расчетный нормальный молудь $m_n$
	рекомендуемые	допустимые				
От 0 до 15 Св. 15 до 45	160—250	— 120—280	400	30	32—100	3—10
От 0 до 15 Св. 15 до 45	180—300	— 140—320	(457,2)	28	36—120	4—10
От 0 до 15 Св. 15 до 45	200—320	— 150—350	500	36	40—125	4—12
От 0 до 15 Св. 15 до 45	250—400	— 190—440	630	45	50—160	5—16
От 0 до 15 Св. 15 до 45	320—520	— 240—560	800	60	65—200	6—20
От 15 до 29 Св. 29 до 45	400—700 400—650	300—700 300—650	1000	70	80—250	8—25

## Осьевая форма зуба III

30	75*—90	—	(88,9)	8	10—20	2—3,0
35	68*—90	—				
40	60*—80	—				
30	85*—100	—	100	9	10—20	2—3,5
35	75*—100	—				
40	65*—90	—				
30	105*—125	—	125	10	12—25	2—4
35	95*—125	—				
40	80*—110	—				
30	130*—150	—	(152,4)	10	15—30	2—4
35	115*—150	—				
40	100*—135	—				
30	135*—160	—	160	12	16—32	2—5
35	120*—160	—				
40	105*—145	—				

Продолжение табл. 2

## Размеры в мм

Расчетный угол наклона зуба $\beta_n$ , град	Пределы среднего конусного расстояния $R$		Номинальный диаметр зуборезной головки $d_2$	Внешняя высота зуба $h_e$	Ширина зубчатого венца $b$	Расчетный нормальный модуль $m_n$
	рекомендуемые	допустимые				
30	160°—190	—	(190,5)	15	20—40	3—6
35	140°—190	—	—	—	—	—
40	125°—170	—	—	—	—	—
30	170°—200	—	200	15	20—40	3—6
35	150°—200	—	—	—	—	—
40	130°—180	—	—	—	—	—
30	190°—230	—	(228,6)	15	25—50	3—6
35	170°—230	—	—	—	—	—
40	150°—200	—	—	—	—	—
30	210°—250	—	250	18	25—50	3—7
35	190°—250	—	—	—	—	—
40	160°—225	—	—	—	—	—
30	260°—305	—	(304,8)	20	32—65	3—8
35	230°—305	—	—	—	—	—
40	200°—270	—	—	—	—	—
30	270°—315	—	315	24	32—65	3—8
35	235°—315	—	—	—	—	—
40	205°—280	—	—	—	—	—
30	340°—400	—	400	30	40—80	3—12
35	300°—400	—	—	—	—	—
40	260°—360	—	—	—	—	—
30	390°—460	—	(457,2)	28	50—100	4—12
35	340°—460	—	—	—	—	—
40	300°—410	—	—	—	—	—
30	420°—500	—	500	36	50—100	4—15
35	370°—500	—	—	—	—	—
40	330°—450	—	—	—	—	—
30	530°—630	—	630	45	63—125	5—18
35	470°—630	—	—	—	—	—
40	420°—570	—	—	—	—	—

Продолжение табл. 2

Размеры в мм

Расчетный угол наклона зуба $\beta_d$ , град	Пределы среднего конусного расстояния $R$		Номинальный диаметр зуборезной головки $d_0$	Внешняя высота зуба $h_e$	Ширина зубчатого венца $b$	Расчетный нормальный модуль $m_n$
	рекомендуемые	допустимые				
30	680°—800	—	800	60	80—160	6—25
35	600°—800	—				
40	520°—720	—				

## Причесания:

1. Если величина  $R$  превышает значение, отмеченное знаком «\*», и угол делительного конуса  $\beta_d > 50^\circ$ , то необходимо производить проверку на отсутствие вторичного резания.

2. Диаметр зуборезной головки для зубчатых колес с осевой формой зуба I при расчетных углах наклона зуба  $\beta_n$  св.  $40$  до  $45^\circ$  подбирают по графику на черт. 1.

3. Диапазоны допускаемых значений среднего конусного расстояния при данном диаметре зуборезной головки для зубчатых колес с осевой формой зуба II могут быть уточнены по сравнению с указанными в таблице с учетом графика по черт. 1.

4. Диаметр зуборезной головки для зубчатых колес с осевой формой зуба III при  $z_c > 70$  и  $\beta_n$  св.  $10$  до  $30^\circ$  подбирают таким, чтобы удовлетворялись два уравнения:

$$d_0 = 2R \sin \beta_n (1 \pm 0,002 z_c \cos \beta_n).$$

$$d_0 = (5 \div 10) b.$$

5. Таблица составлена из условия обработки колеса передачи двухсторонним или поворотным методом.

При одностороннем методе обработки колеса и  $m_n > 2$  мм наименьшее рекомендованное значение  $R$  может быть уменьшено, а наибольшее — увеличено на 25%.

6. Зуборезные головки с номинальными диаметрами, заключенными в скобки, по возможности не применять.

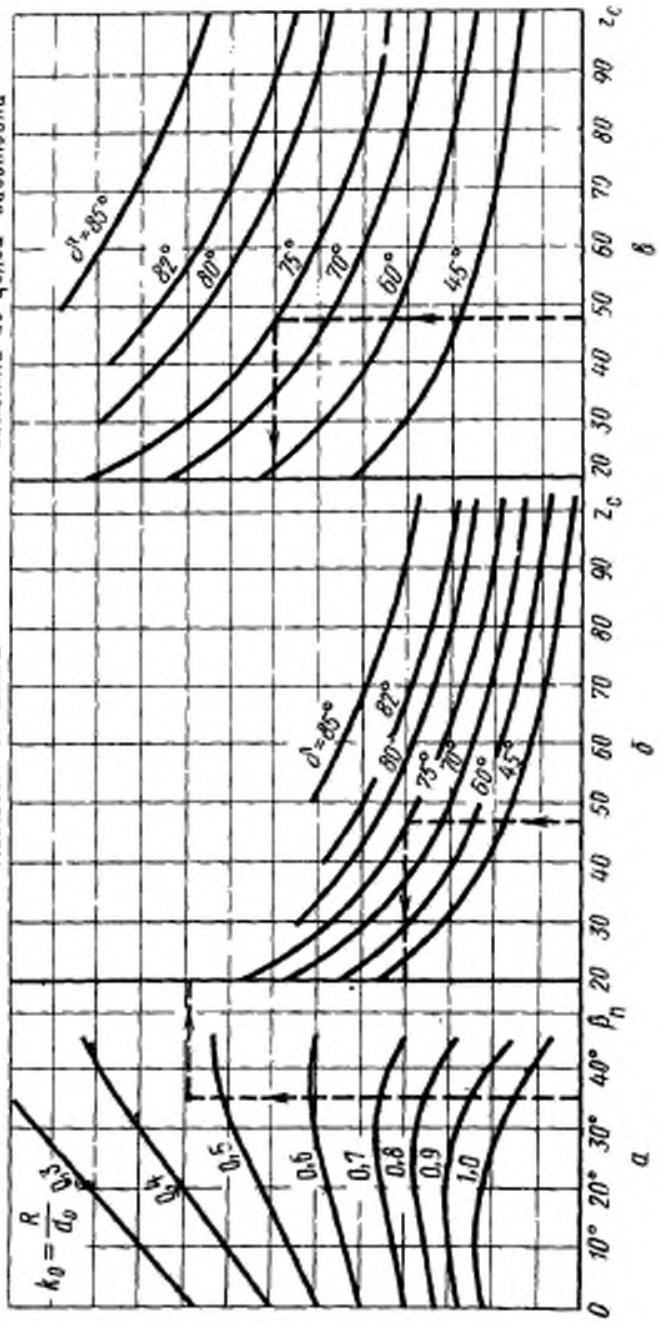
Таблица 3

**Проверка правильности выбора диаметра зуборезной головки по степени предельного сужения зубьев плоского зубчатого колеса, сопрягаемого с нарезаемой шестерней [при осевых формах зуба I и III]**

Название параметров	Обозначения	Расчетные формулы и указания
1. Внешний нормальный шаг шаг	$\rho_{ne}$	$\rho_{ne} = 2\pi \frac{R_e}{z_e} \cos \beta_{ne}$ , где $z_e$ — $R_e$ — по табл. 2 настоящего стандарта (пп. 1, 3 или 15); $\beta_{ne}$ — по табл. 3 настоящего стандарта (пп. 9).
2. Внешний нормальный шаг	$\rho_{nt}$	$\rho_{nt} = 2\pi \frac{R_e - b}{z_e} \cos \beta_{nt}$ , где $b$ — по табл. 2 настоящего стандарта (пп. 7); $\beta_{nt}$ — по табл. 3 настоящего стандарта (пп. 10).
3. Внешний нормальная толщина зуба на поверхности вершин плоского производящего колеса, сопрягаемого с шестерней	$s_{nac1}$	$s_{nac1} = \rho_{ne} - 2(h_{f11} + h_{f21}) \lg \alpha_n - \delta_{nt} + 2h_{f2} \lg \alpha_n$ , где $h_{f11}$ , $s_{n1}$ , $h_{f21}$ , $h_{f2}$ — по табл. 2 настоящего стандарта (пп. 21, 22, 31).
4. Внутренняя нормальная толщина зуба на поверхности вершин плоского колеса, сопрягаемого с шестерней	$s_{nac1}$	$s_{nac1} = \rho_{nt} - 2(h_{n1} + h_{n2}) \lg \alpha_n - \delta_{nt} + 2h_{f2} \lg \alpha_n$ , где $h_{n1}$ — по табл. 4 настоящего стандарта (пп. 4).
5. Коэффициент сужения при начальной толщине зуба на поверхности вершин плоского колеса	$K_p$	$K_p' = \frac{s_{nac1}}{s_{nac1}}$ ; допустимые пределы $0,7 \leq K_p' \leq 1,3$ ; при $K_p' > 1,3$ зуб плоского колеса имеет резко выраженное поглощение, диаметр зуборезной головки следует уменьшить; при $K_p' < 0,7$ зуб плоского колеса имеет резко выраженное обратное сужение, диаметр зуборезной головки следует увеличить.



При чистоходий обрашонке  
методом обкатки



Черт. 3

Пример. Дано:  $\beta = 75^\circ$ ,  $\theta_a = 35^\circ$ ,  $z_C = 47$ ,  $k_0 = 0,47$ .

Поскольку при заданных параметрах ордината на черт. 36, вторичное резанье при чистовой обработке исключается; аналогично из сравнения ординат на черт. 34 и 36 определяем, что нет опасно-

**ПРИЛОЖЕНИЕ 3 к ГОСТ 19526-73**  
**Рекомендуемое**

**ВЫБОР КОЭФФИЦИЕНТОВ СМЕЩЕНИЯ И КОЭФФИЦИЕНТОВ ИЗМЕНЕНИЯ  
 РАСЧЕТНОЙ ТОЛЩИНЫ ЗУБА ИСХОДНОГО КОНТУРА**

1. В передачах с  $\mu > 1$  при разности твердости рабочих поверхностей зубьев шестерни и колеса менее НВ 100 шестерню рекомендуется выполнять с положительным смещением ( $+x_{\pi 1}$ ) по табл. 1, а колесо с равным ему по величине отрицательным смещением ( $x_{\pi 2} = -x_{\pi 1}$ ).

При  $\mu > 1$  и высоком перепаде твердости зубьев шестерни и колеса, превышающем НВ 100, передачу следует выполнять без смещения или равносмещением с положительным смещением у шестерни, достаточным лишь для устранения позрезания зубьев.

Для передач, у которых  $\mu$  и  $z_1$  отличаются от указанных в табл. 1, коэффициенты смещения принимаются с округлением в большую сторону.

Для зубчатых колес, выполняемых не в соответствии со стандартным исходным контуром, коэффициенты смещения рекомендуется вычислять по формулам, приведенным в табл. 2.

2. При  $\mu > 2,5$  и  $t_{\pi} > 2$  мм зубчатые колеса рекомендуется выполнять не только со смещением, устанавливаемым по п. 1, но и с различной толщиной зуба исходного контура, увеличенной по сравнению с расчетной ( $\frac{x_{\pi 1}}{2}$ ) у исходного контура шестерни и соответственно уменьшенной у исходного контура колеса.

Коэффициент изменения расчетной толщины зуба исходного контура  $x_{\pi 1}$ , положительный для шестерни и равный ему по величине, но обратный по знаку  $x_{\pi 2}$  для колеса, рекомендуется принимать по табл. 3.

При расчете передачи на ЭВМ значения  $x_{\pi 1}$  могут определяться по следующим формулам:

$$x_{\pi 1} = 0,03 + 0,008 (\mu - 2,5) \text{ при } \beta_{\pi} \text{ от } 0 \text{ до } 15^\circ;$$

$$x_{\pi 1} = 0,07 + 0,010 (\mu - 2,5) \text{ при } \beta_{\pi} \text{ св. } 15 \text{ до } 29^\circ;$$

$$x_{\pi 1} = 0,11 + 0,010 (\mu - 2,5) \text{ при } \beta_{\pi} \text{ св. } 29 \text{ до } 40^\circ;$$

$$x_{\pi 1} = 0,15 + 0,012 (\mu - 2,5) \text{ при } \beta_{\pi} \text{ св. } 40^\circ.$$

Для ответственных тяжело нагруженных передач значения  $x_{\pi 1}$  следует определять из расчета зубьев на изломную прочность.

Таблица 1

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

Число зубьев шестерни $z_1$	Значение коэффициента смещения $x_{n1}$ при передаточном числе передачи $n$											
	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 $\beta_n$ от 0 до $15^\circ$												
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 $\beta_n$ св. $15$ до $29^\circ$												
10( $\beta_n > 28$ )	—	—	—	—	—	—	—	0,49	0,52	0,53	0,54	
11( $\beta_n > 25$ )	—	—	—	—	—	—	—	0,48	0,49	0,51	0,52	
12( $\beta_n > 20$ )	—	—	—	—	—	—	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 $n$											
	1	1,12	1,25	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	3,15	4,0	5,0	б/з и выше
Расчетный угол наклона зуба $\beta_n$ са. 29 до $45^\circ$												
6( $\beta_n > 42^\circ$ )	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,70
7( $\beta_n > 40^\circ$ )	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,65	0,66
8( $\beta_n > 38^\circ$ )	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,51	0,53	0,54
9( $\beta_n > 35^\circ$ )	—	—	—	—	—	—	—	—	0,46	0,49	0,50	0,52
10( $\beta_n > 32^\circ$ )	—	—	—	—	—	—	—	—	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  $n$  и  $z_1$  принимать соответственно  $n_{\text{б/з}}$  и  $z_{\text{б/з}}$ , а также для повышающих передач при  $n < 3,15$ .

Таблица 2

Расчет коэффициента смещения  $[x_{\alpha 1} = \dots = x_{\alpha 9}]$  для ортогональных конических зубчатых колес с круговыми зубьями (при  $z_1 \geq 8$ )

Номер позиции	Расчетные зависимости	Номер позиции	Расчетные зависимости
1	$\cos^2 \beta_n$	17	$\cos \alpha_{\text{нат}} = \frac{(2) \cdot (12)}{(14)}$
2	$\cos \alpha_n$	18	$\alpha_{\text{нат}}$
3	$\sin^2 \alpha_n$	19	$\lambda_1 = \alpha_{\text{нат}} - \alpha_n$
4	$u^2$	20	$\lambda_2 = \alpha_{\text{нат}} - \alpha_n$
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	$\cos \alpha_{\text{нат}} = \frac{(2) \cdot (11)}{(13)}$	31	$\sqrt{(28)^2 + (30)}$
16	$\alpha_{\text{нат}}$	32	$x_{\alpha 1} = (31) - (28)$

Приложения:

1. Цифры в скобках соответствуют номерам позиций таблицы.  
 $x_{\alpha 1}$  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  $u_{\text{раб}}$  и  $z_{\text{раб1}}$ .

Таблица 3

Коэффициенты изменения расчетной толщины зуба исходного контура для ортогональных конических зубчатых передач при исходном контуре по ГОСТ 16202—70

Расчетный угол наклона зуба $\beta_d$ , град	Значения $x_{t1}$ при передаточном числе передачи $i$			
	от 2,5 до 4	св. 4 до 6,3	св. 6,3 до 8	св. 8 до 10
От 0 до 15	0,04	0,06	0,08	0,10
Св. 15 до 29	0,08	0,10	0,12	0,14
Св. 29 до 40	0,12	0,14	0,16	0,18
Св. 40 до 45	0,16	0,18	0,20	0,22

П р и м е ч а н и я:

1. Данные таблицы могут быть использованы и для неортогональных передач, если вместо  $i$  принимать  $i_{\text{об}}$ .

2. Значения  $x_{t1}$  могут быть скорректированы до ближайшего значения  $x_{t1}$  при данном  $i_d$  по табл. 2 приложения 1 с тем, чтобы обеспечить обработку колеса двухсторонним методом при стандартном разводе резцов.

3. Для повышающих передач рекомендуется принимать  $x_{t1} = 0$ .

КОЭФФИЦИЕНТЫ ДЛЯ РАСЧЕТА УГЛА НОЖЕК И УГЛА ГОЛОВОК ЗУБЬЕВ  
КОНИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС С ОСЕВОЙ ФОРМОЙ ЗУБА II

1. Для облегчения расчета коэффициента  $K$ , входящего в формулу для определения суммы углов ножек зубьев конических зубчатых колес с круговыми зубьями осевой формы II (п. 23 табл. 2 настоящего стандарта) при  $\alpha_n = 20^\circ$ , приведена табл. 1, в которой:

$$C_1 = \frac{10800 \operatorname{tg} \beta_n}{\operatorname{tg} \alpha_n} \quad \text{и} \quad C_2 = \frac{2C_1 \cdot \sin \beta_n}{d_0}.$$

Коэффициенты  $K$ ,  $C_1$  и  $C_2$  связаны зависимостью:

$$K = \frac{C_1 - C_2 R}{z_c}.$$

При  $K > 500$  следует уменьшать  $d_0$  или перейти на осевую форму зуба I.

При  $K < 0$  рекомендуется увеличить  $d_0$  и перейти на осевую форму зуба III.

2. При проектировании конических зубчатых колес с круговыми зубьями осевой формы II для обеспечения приблизительного постоянства ширины вершинной ленточки по всей длине зуба при определенном сочетании значений  $\beta_n$ ,  $z_c$  и  $z$  вынужденно принимают  $\Theta_{a1} \neq \Theta_{f2}$  и  $\Theta_{a2} \neq \Theta_{f1}$ , допуская тем самым переменный радиальный зазор в передаче.

В табл. 2 приведены значения коэффициента угла головки зуба  $K_a$ , равного отношению угла головки зуба данного зубчатого колеса к углу ножки зуба сопряженного с ним зубчатого колеса, для передач, выполненных в соответствии с исходным контуром по ГОСТ 16202—70 и с коэффициентами  $x_{n1}$  и  $x_{n2}$ , рекомендованными в приложении 3 к настоящему стандарту, и при  $k_0 = \frac{R}{d_0}$  0,3 до 0,7.

При расчете на ЭВМ вместо коэффициента головки зуба  $K_a$  рекомендуется определять непосредственно угол головки по формуле

$$\Theta_a = \frac{2(h_a^* + x_n)}{z_c \cos \beta_n} \cdot \left(1 - \frac{2R}{d_0} \cdot \sin \beta_n\right) + \frac{s_{na}^* \left(1 - \frac{2R}{d_0} \sin \beta_n\right)}{z_c \cos \beta_n \operatorname{tg} \alpha_{na}} + \frac{s_{na}^* \cos \beta_n}{z_c \operatorname{tg} \alpha_{na}} \cdot \left(1 - \frac{s_{na}^*}{0,5\pi - 2h_a^* \operatorname{tg} \beta_n}\right),$$

где  $\operatorname{tg} \alpha_{na} = \operatorname{tg} \alpha_{fa} \cos \beta_{fa}$ ;

$\alpha_{fa}$ ,  $\beta_{fa}$  и  $s_{na}^*$  — по табл. 4 настоящего стандарта (пп. 10, 11 и 12).

При вычислениях  $\alpha_{fa}$ ,  $\beta_{fa}$  и  $s_{na}^*$  принимают  $2h_a$  равным нулю (табл. 2 настоящего стандарта, п. 29).

Таблица I

Значение коэффициентов  $C_1$  и  $C_2$

Диаметр зуборезной головки $d_{\text{головки}}$ , мм	Расчетный угол наклона зуба $\beta_n$ , град							
	0	10	15	20	25	30	35	40
	0	8932	7951	10900	13837	17132	20777	24898
	Значение коэффициента $C_1$							
(12,7)	0	143,1	224,1	581,7	920,9	1349	1877	2520
20	0	90,85	205,8	369,4	584,8	856,6	1192	1600
(27,94)	0	65,05	147,3	264,4	418,6	613,2	853,0	1146
25	0	72,68	164,6	295,5	467,8	685,3	953,4	1280
32	0	56,78	128,6	230,9	365,5	535,4	744,8	1000
(38,1)	0	47,69	108,0	193,9	307,0	449,6	625,6	840,1
40	0	45,43	102,9	184,7	292,4	428,3	595,9	800,2
50	0	36,34	82,32	147,8	233,9	342,6	476,7	649,2
(50,8)	0	35,77	31,02	145,4	230,2	337,2	469,2	630,1
60	0	30,28	68,60	123,1	194,9	285,5	397,2	533,5
80	0	22,71	51,45	92,35	146,2	214,21	297,9	400,1
(88,9)	0	20,44	46,30	83,10	131,6	192,7	268,1	360,0
100	0	18,17	41,16	73,88	116,9	171,32	238,4	320,1
125	0	14,54	32,93	59,10	93,56	137,06	190,7	256,1
(152,4)	0	11,92	27,00	48,48	76,74	112,4	156,4	210,0
160	0	11,36	25,72	46,17	73,10	107,08	148,9	200,1
(190,5)	0	9,539	21,60	38,78	61,39	89,93	125,1	168,0
200	0	9,085	20,58	36,94	58,48	85,66	119,2	160,0
(228,6)	0	7,949	18,00	32,32	51,16	74,94	104,3	140,0
250	0	7,268	16,46	29,55	46,78	68,53	95,34	128,0
(304,8)	0	5,962	13,50	24,24	38,37	56,21	78,20	105,0
315	0	5,768	13,07	23,45	37,13	54,38	75,67	101,6

Продолжение табл. I

Диаметр зуборезной головки $d_0$ , мм	Расчетный угол наклона зуба $\beta_n$ , град						
	Значение коэффициента $C_1$						
	0	10	15	20	25	30	35
0	8232	7951	10800	13837	17132	20777	24898
400	0	4,543	10,29	18,47	29,24	42,83	59,59
(457,2)	0	3,974	9,002	16,16	25,58	34,47	52,13
500	0	3,634	8,232	14,78	23,39	34,26	47,67
630	0	2,884	6,533	11,73	18,56	27,19	37,83
800	0	2,271	5,145	9,24	14,62	21,42	29,79
1000	0	1,817	4,116	7,39	11,70	17,13	23,84

Диаметр зуборезной головки $d_0$ , мм	Значение коэффициента $C_2$						
	Значение коэффициента $C_3$						
	0	10	15	20	25	30	35
400	0	4,543	10,29	18,47	29,24	42,83	59,59
(457,2)	0	3,974	9,002	16,16	25,58	34,47	52,13
500	0	3,634	8,232	14,78	23,39	34,26	47,67
630	0	2,884	6,533	11,73	18,56	27,19	37,83
800	0	2,271	5,145	9,24	14,62	21,42	29,79
1000	0	1,817	4,116	7,39	11,70	17,13	23,84

Таблица 2

Значения коэффициента угла головки зуба  $K_g$  [при  $\Sigma = 90^\circ$ ;  $\alpha_\pi = 20^\circ$ ;  
 $h^* a = 1.0$ ;  $x_{\pi 1}$  и  $x_{\pi 2}$  по табл. 1 и 3 приложения 3 и

$$k_0 = \frac{R}{d_0} \text{ от } 0.3 \text{ до } 0.7$$

$\beta_\pi$ , град	$z_1$	Значения коэффициента угла головки зуба $K_g$ при передаточном числе $\pi$				
		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	—	—	—	0,70 0,95	0,65 0,95
	14-15	—	0,75 0,85	0,75 0,90	0,75 0,95	0,70 0,95
	16-19	0,80 0,80	0,80 0,85	0,80 0,95	0,75 0,95	0,75 1,00
	20-24	0,85 0,85	0,80 0,85	0,80 0,95	0,80 0,95	0,80 1,00
	25-29	0,85 0,85	0,85 0,90	0,85 0,95	0,85 0,95	0,80 1,00
	30-40	0,90 0,90	0,85 0,90	0,85 0,95	0,85 0,95	0,85 1,00
	св. 40	0,90 0,90	0,90 0,95	0,85 0,95	0,85 0,95	0,85 1,00
	10-12	—	—	—	0,75 0,95	0,75 1,00
	12-13	—	—	0,80 0,90	0,80 0,95	0,75 1,00
	14-15	—	0,85 0,90	0,80 0,90	0,80 0,95	0,80 1,00
Св. 15 до 29	16-19	0,85 0,85	0,85 0,90	0,85 0,95	0,85 0,95	0,85 1,00
	20-24	0,90 0,90	0,85 0,90	0,85 0,95	0,85 0,95	0,85 1,00
	25-29	0,90 0,90	0,90 0,90	0,90 0,95	0,90 0,95	0,90 1,00
	30-40	0,90 0,90	0,90 0,95	0,90 0,95	0,90 1,00	0,90 1,00
	св. 40	0,95 0,95	0,95 0,95	0,90 0,95	0,90 1,00	0,90 1,00

Продолжение табл. 2

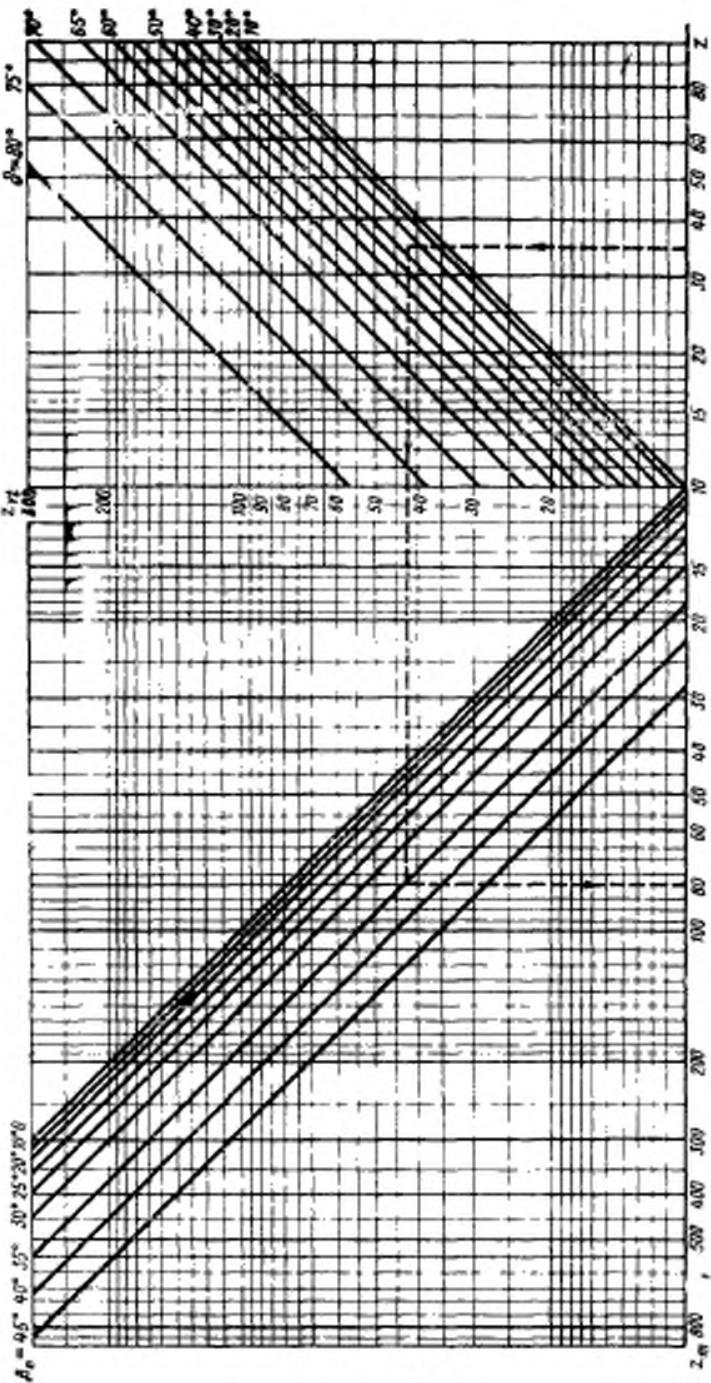
β <sub>п</sub> , град	z <sub>1</sub>	Значения коэффициента угла головки зуба K <sub>α</sub> при передаточном числе $\alpha$				
		от 1,0 до 1,25	св. 1,25 до 1,6	св. 1,6 до 2,5	св. 2,5 до 4,0	св. 4,0
Сп. 29 № 45	6-7	—	—	—	—	0,75 1,00
	8-9	—	—	—	—	0,75 1,00
	10-11	—	—	—	0,80	0,80 1,00
	12-13	—	—	0,90 1,00	0,85 1,00	0,85 1,00
	14-15	—	0,90 0,90	0,90 1,00	0,90	0,85 1,00
	16-17	0,90 0,90	0,90 1,00	0,90 1,00	0,90	0,90 1,00
	18-19	0,90 0,90	0,90 1,00	0,90 1,00	0,90	0,90 1,00
	20-24	1,00 1,00	1,00 1,00	1,00 1,00	0,90 1,00	0,90 1,00
	25-30	1,00 1,00	1,00 1,00	1,00 1,00	1,00	1,00 1,00
	св. 30	1,00 1,00	1,00 1,00	1,00 1,00	1,00	1,00 1,00

## П р и м е ч а н и я:

1. В числителе приведены значения K<sub>α</sub> для шестерни, в знаменателе — для колеса.
2. Данные таблицы могут быть использованы при  $\Sigma \neq 90^\circ$ , если  $\alpha$  заменить на  $\alpha_0 b$  и z<sub>1</sub> на  $z_0 b_1$ .
3. Допускается использовать данные таблицы при значениях x<sub>11</sub>, отличных от указанных в табл. 3 приложения 3.

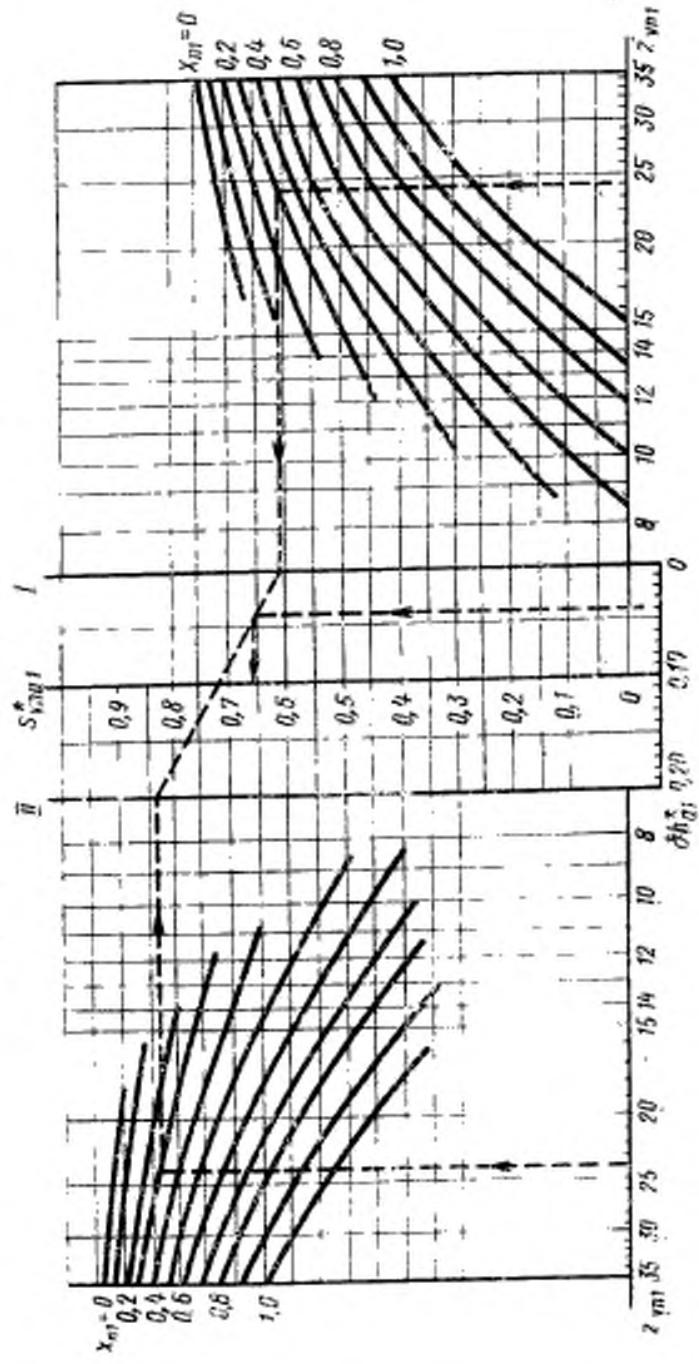
**УПРОЩЕННЫЙ РАСЧЕТ НЕКОТОРЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ  
Номограмма для определения чисел зубьев эквивалентного [ $z_{eq}$ ] и биоконвентного [ $z_{TIV}$ ] цилиндрического  
зубчатого колеса**

$$Z_{\text{eff}} = \frac{Z}{\cos \delta} ; \quad Z_{\text{eff}} = \frac{Z}{\cos \delta \cos^2 \kappa}$$



Пример. Дано:  $z = 35$ ;  $\beta = 35^\circ$ ;  $\beta_a = 35^\circ$ . По номограмме определен  $z_{\text{нр}} = 43$ ;  $z_{\text{вн}} = 80$ .

Номограмма для определения нормальной толщины зубьев на поверхности вершин зубьев шестерни  
в долях нормального модуля  $[z_{\text{ш}} = 20^\circ; h_a^* = 1]$

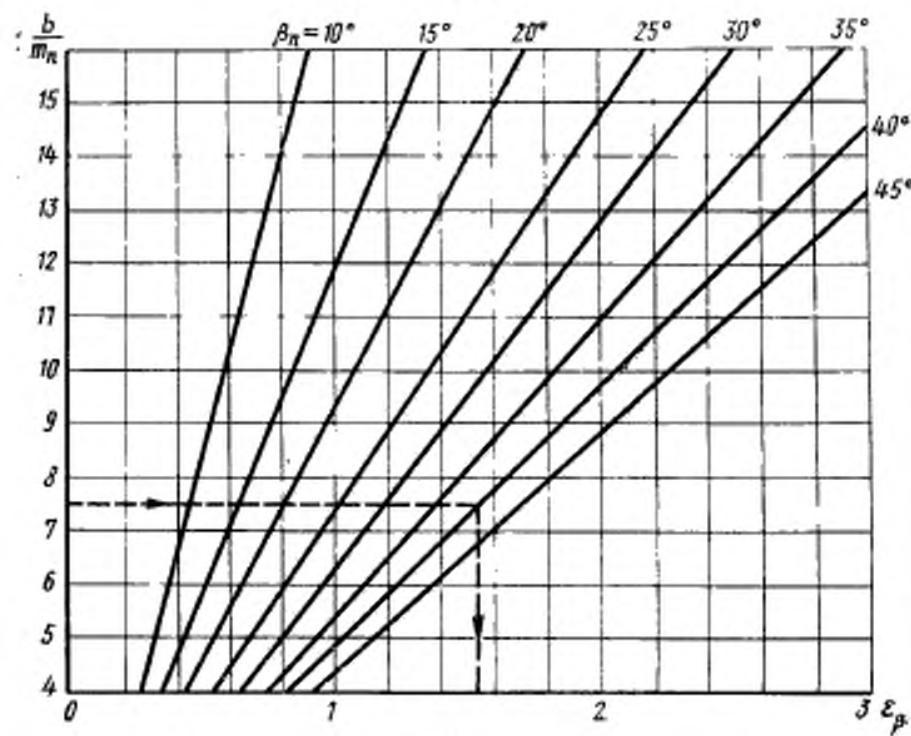


Черт. 2

Пример.  $z_1 = 17$ ;  $b = 26^\circ 34'$ ;  $\beta_a = 25^\circ$ ;  $z_{\text{ш}} = 24$ ;  $x_{\text{ш}} = 0.28$ ;  $h_a^* = 0.04$  (см. табл. 2 настоящего  
издания, п. 28). По номограмме находим  $S_{\text{ш}}^* = 0.66$ .

## График для определения коэффициента осевого перекрытия

$$\epsilon_{\beta} = \frac{b \sin \beta_n}{\pi m_n}$$



Черт. 3

Пример. Дано:  $b = 30$  мм;  $m_n = 4$  мм;  $\beta_n = 40^\circ$ .

По графику находим при  $\frac{b}{m_n} = \frac{30}{4} = 7,5$   $\epsilon_{\beta} = 1,54$ .

Таблица 4

Значения коэффициента  $K_{\psi_n}$ 

$$K_{\psi_n} = 1 - \frac{\psi_n^2}{6}.$$

$\psi_n$	$K_{\psi_n}$	$\psi_n$	$K_{\psi_n}$	$\psi_n$	$K_{\psi_n}$
0,005	1,0000	0,205	0,9930	0,406	0,9727
0,010	1,0000	0,210	0,9926	0,410	0,9720
0,015	0,9999	0,215	0,9923	0,415	0,9713
0,020	0,9999	0,220	0,9919	0,420	0,9706
0,025	0,9999	0,225	0,9915	0,425	0,9699
0,030	0,9998	0,230	0,9912	0,430	0,9692
0,035	0,9998	0,235	0,9908	0,435	0,9685
0,040	0,9997	0,240	0,9904	0,440	0,9677
0,045	0,9996	0,245	0,9900	0,445	0,9670
0,050	0,9996	0,250	0,9896	0,450	0,9662
0,055	0,9995	0,255	0,9893	0,455	0,9655
0,060	0,9994	0,260	0,9887	0,460	0,9648
0,065	0,9993	0,265	0,9883	0,465	0,9638
0,070	0,9992	0,270	0,9878	0,470	0,9632
0,075	0,9990	0,275	0,9874	0,475	0,9624
0,080	0,9989	0,280	0,9869	0,480	0,9616
0,085	0,9988	0,285	0,9864	0,485	0,9608
0,090	0,9986	0,290	0,9860	0,490	0,9600
0,095	0,9985	0,295	0,9855	0,495	0,9592
0,100	0,9983	0,300	0,9850	0,500	0,9583
0,105	0,9981	0,305	0,9845	0,505	0,9575
0,110	0,9980	0,310	0,9840	0,510	0,9566
0,115	0,9978	0,315	0,9834	0,515	0,9559
0,120	0,9976	0,320	0,9829	0,520	0,9549
0,125	0,9974	0,325	0,9824	0,525	0,9540
0,130	0,9972	0,330	0,9818	0,530	0,9532
0,135	0,9970	0,335	0,9813	0,535	0,9523
0,140	0,9967	0,340	0,9807	0,540	0,9514
0,145	0,9965	0,345	0,9802	0,545	0,9505
0,150	0,9962	0,350	0,9796	0,550	0,9496
0,155	0,9960	0,355	0,9790	0,555	0,9487
0,160	0,9957	0,360	0,9784	0,560	0,9477
0,165	0,9955	0,365	0,9778	0,565	0,9467
0,170	0,9952	0,370	0,9772	0,570	0,9458
0,175	0,9949	0,375	0,9766	0,575	0,9449
0,180	0,9946	0,380	0,9759	0,580	0,9439
0,185	0,9943	0,385	0,9753	0,585	0,9429
0,190	0,9940	0,390	0,9746	0,590	0,9420
0,195	0,9936	0,395	0,9740	0,595	0,9410
0,200	0,9933	0,400	0,9733	0,600	0,9400

**Расчет наибольшего допустимого радиуса закругления резца зуборезной головки**

Назначение параметров	Обозначение	Расчетные формулы и указания
<b>Определение радиуса закругления, допустимого шириной вершины резца</b>		
1. Максимально допустимая часть ширины вершины резца, используемая для закругления при обработке шестерни	$s'_01$	<p>Принимается равной меньшему из двух значений для данного вида обработки:</p> $s'_01 = s'_{nail} - 0,5 - \Delta; \quad s'_01 = s'_{nail} - 0,5 - \Delta - \text{при обработке шестерни односторонними зуборезными головками};$ $s'_01 = \frac{s'_{nail} - 0,5}{2} - \Delta; \quad s'_01 = \frac{s'_{nail} - 0,5}{2} - \Delta - \text{при обработке шестерни двухсторонними головками односторонним методом};$ $s'_01 = \frac{s'_{nail} - 0,5}{2}; \quad s'_01 = \frac{s'_{nail} - 0,5}{2} - \text{при обработке шестерни двухсторонними головками двухсторонним методом}.$ <p>В приведенных формулах <math>s'_{nail}</math> и <math>s'_{nail}</math> — по табл. 3 приложения 2 (соответственно пп. 3 и 4).</p> $\Delta$ — припуск на стяжку для чистовой обработки шестерни резком;

## Продолжение

Назначение параметров	Обозначение	Расчетные формулы и указания
2. Максимально допустимая часть ширины вершины резца, используемая для закругления, при обработке колеса плавающим методом	$s_{02}$	$s_{02} = \frac{W_2 - 0.5}{2}$ W <sub>2</sub> — по табл. 2 настоящего стандарта (п. 13 или 17)
3. Наибольший допустимый по ширине вершины радиус закругления резца при обработке шестерни	$Q_{k01}$	$Q_{k01} = \frac{s_{01} \cos \alpha_0}{1 - \sin^2 \alpha}$
4. Наибольший допустимый по ширине вершины радиус закругления резца при обработке колеса	$Q_{k02}$	$Q_{k02} = \frac{s_{02} \cos \alpha_0}{1 - \sin^2 \alpha}$
Определение наибольшего допустимого радиуса закругления по условиям исключения интерференции зубьев		
5. Диаметр впадины внешнего, эквивалентного цилиндрического зубчатого колеса	$d_{frie}$	$d_{frie} = d_{vri} - 2h_{fe}$ где $h_{fe}$ — по табл. 2 настоящего стандарта (п. 31); $d_{vri}$ — по табл. 4 настоящего стандарта (п. 13)
6. Диаметр впадины внешнего эквивалентного цилиндрического зубчатого колеса	$d_{folt}$	где $h_{fi}$ и $d_{vri}$ — по табл. 4 настоящего стандарта (соответственно пп. 4 и 14)

Напоминаем параметры	Обозначение	Расчетные формулы и указания
7. Длина заполосной части активной линии зацепления внешних эквивалентных цилиндрических зубчатых колес	$g_{\text{волос}}$	$g_{\text{волос}} = 0,5d_{\text{волос}}(\lg \alpha_{\text{волос}} - \lg \alpha_{\text{вр}})\cos \alpha_{\text{вр}}$ , где $\alpha_{\text{вр}}$ и $\alpha_{\text{волос}}$ — по табл. 4 настоящего стандарта (соответственно гл. 1 и 18)
8. Длина дополнительной части активной линии зацепления внешних эквивалентных цилиндрических зубчатых колес	$g_{\text{доп}}$	$g_{\text{доп}} = 0,5d_{\text{волос}}(\lg \alpha_{\text{волос}} - \lg \alpha_{\text{вр}})\cos \alpha_{\text{вр}}$
9. Длина заполосной части активной линии зацепления внутренних эквивалентных цилиндрических зубчатых колес	$g_{\text{волос}}$	$g_{\text{волос}} = 0,5d_{\text{волос}}(\lg \alpha_{\text{волос}} - \lg \alpha_{\text{вр}})\cos \alpha_{\text{вр}}$ , где $\alpha_{\text{вр}}$ и $\alpha_{\text{волос}}$ — по табл. 4 настоящего стандарта (соответственно гл. 2 и 19)
10. Длина дополнительной части активной линии зацепления внутренних эквивалентных цилиндрических зубчатых колес	$g_{\text{доп}}$	$g_{\text{доп}} = 0,5d_{\text{волос}}(\lg \alpha_{\text{волос}} - \lg \alpha_{\text{вр}})\cos \alpha_{\text{вр}}$
11. Диаметр окружности граничных точек внешней эквивалентной цилиндрической шестерни	$d_{\text{волос}}$	$d_{\text{волос}} = 2 \sqrt{0,25d_{\text{волос}}^2 + g_{\text{волос}}^2} - d_{\text{волос}} \operatorname{tg} \alpha_{\text{волос}}$
12. Диаметр окружности граничных точек внешнего эквивалентного цилиндрического ходов	$d_{\text{вр}}$	$d_{\text{вр}} = 2 \sqrt{0,25d_{\text{волос}}^2 + g_{\text{волос}}^2} - d_{\text{волос}} \operatorname{tg} \alpha_{\text{волос}}$

## Продолжение

Назначование параметров	Обозначение	Расчетные формулы и указания
13. Диаметр окружности тра- ничных точек внутренней экви- валентной цилиндрической ше- стерины	$d_{left1}$	$d_{left1} = 2 \sqrt{0,25d_{left}^2 + g_{left}^2} = d_{left} \sqrt{g_{left} \sin \alpha_l}$
14. Диаметр окружности гра- ничных точек внутреннего экви- валентного цилиндрического колеса	$d_{left2}$	$d_{left2} = 2 \sqrt{0,25d_{left2}^2 + g_{left2}^2} = d_{left2} \sqrt{g_{left2} \sin \alpha_l}$
15. Наибольший допустимый радиус закругления вершин резца при обработке шестерни из условия отсутствия ингер- ференции	$Q_{k01}$	Принимается равным меньшему из двух значений, вычисляемых по формулам $Q_{k01} = \frac{d_{left1} - d_{left2}}{2(1 - \sin \alpha_n)}; \quad Q_{k01} = \frac{d_{left1} - d_{left2}}{2(1 - \sin \alpha_n)}$
16. Наибольший допустимый радиус закругления вершин резца при обработке колеса из условия отсутствия ингер- ференции	$Q_{k02}$	Принимается равным меньшему из двух значений, вычисляемых по формулам: $Q_{k02} = \frac{d_{left1} - d_{left2}}{2(1 - \sin \alpha_n)}; \quad Q_{k02} = \frac{d_{left1} - d_{left2}}{2(1 - \sin \alpha_n)}$
17. Наибольший допустимый радиус закругления резца: для обработки шестерни для обработки колеса	$Q_{k01}$ $Q_{k02}$	Принимается равным меньшему из двух значений, вычисляемых по пп. 3 и 15 Принимается равным меньшему из двух значений, вычисляемых по пп. 4 и 16

Причина №. Вычисления по пп. 5—16 производятся только для передач, выполненных с отступлениями от стандартного исходного контура и при требовании  $Q_{k0} > 0,25 \text{~м.л.}$

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

Исходные данные для расчета

Назначение параметров	Обозначения	Числовые параметры		
		1	2	3
1. Число зубьев	шестерня	21	20	18
	колеса	23	50	58
2. Модуль	средний нормальный (расчетный)	$m_n$	—	—
	внешний окружной	$m_{t_e}$	10	—
3. Средний угол наклона зуба (расчетный)		$\beta_n$	35°	25°
		—	Правое	30°
4. Направление линии зуба	шестерни	—	Правое	Левое
	колеса	—	Левое	Правое
5. Средний нормальный исходный контур	—	—	—	По ГОСТ 16202-70

Таблица 2

## Расчет

Назначенные параметры	Обозначения и расчетные формулы	Числовые признаки		
		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 $m_n$ )	$R = \frac{m_n z_c}{2 \cos \gamma_n}$	—	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	1	11	111
5. Иончинальный диаметр зуба конической 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 0,90848	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. Переизносное число	$a = \frac{z_2}{z_1}$	2,50	2,00	3,22

Продолжение табл. 2

Назначение параметров	Обозначение и расчетные формулы	Числовые значения		
		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 сжатия $U$	(по табл. 1 приложения 3) $x_{t1}$		0,26	0,31
12. Коэффициент измененности зубья шестерни	(по табл. 3 приложения 3) $x_{t1}$		0,12	0
13. Радиол радиев зубчатой головки для чистой обработки колеса	$W_2' = m_n(0,6903 + x_{t1})$ При $x_{t1} = 0$		—	$\frac{W_2' = 1,9827}{W_2 = 2,00}$
Паспортные данные		0,05 $m_n > W_2' - W_2 > -0,02 m_n$ $\delta h_f = \frac{W_2' - W_2}{0,72784}$	—	Неравенство соблюдается $\delta h_f = 0,024$
(для $r_f$ — по табл. 2 приложения 1) При $x_{t1} \neq 0$		—	—	—
0,05 $m_n > W_2' - W_2 < -0,05 m_n$ Уточняется значение $x_{t1}$ в п. 12		—	—	—
Паспортные данные		$x_{t1} = \frac{m_n}{W_2} = 0,6609$	—	—
Если неравенства (1) и (2) не соблюдаются, то определяют новое значение $m_n$ по формуле		$m_n = \frac{W_2}{0,6609 + x_{t1}}$	—	—

Продолжение табл. 2

Нанесенные параметры	Обозначения и расчетные формулы	Числовые параметры		
		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 $l_e = 0,5 z_c \left( \frac{m'_e}{m_e} - \frac{m_e}{\cos \beta_n} \right)$ , где $R'_e$ и $m'_e$ — заданные значения	— $l_e = 12,0858;$ $R'_e = 76$ (задано)	—	—
15. Внешнее конусное расстояние	$R_e = R + l_e$	—	75,0000	—
16. Внешний окружной модуль	$m_{le} = \frac{2R_e}{z_c}$	—	8,9460	—
17. Радиол резцов зубчатой головки для чистовой двухсторонней обработки колеса	$W_3 = \left( m_{le} - K_1 \frac{b}{z_c} \right) (0,65509 + x_{v1}) \cos^2 \beta_n$	$W_2 = 5,2$ при $K_1 = 1,0$ ; $\beta_n = 35^\circ$ ; $x_{v1} = 0,08$ (уточненное значение); $\beta_n = 33^\circ 6'34''$ (уточненное значение); $\cos \beta_n = 0,83604$	—	—
18. Нормальный модуль в расчетном сечении	$m_n = \left( m_{le} - K_1 \frac{b}{z_c} \right) \cos \beta_n$	7,0507	—	15,0000

Продолжение табл. 2

Напоминания параметров	Обозначения и расчетные формулы	Числовые примеры		
		1	2	3
19. Среднее колесное расстояние	$R = \frac{m_a z_c}{2 \cos \beta \pi}$	231,7594	—	544,7906
20. Расстояние от внешнего торца ло рас- четного сечения	$I_e = R_e - R$	$37,4986 \approx$ $\approx 37,5$	—	$62,4984 \approx$ $\approx 62,5$
21. Высота ножки зуба в расчетном сечении	$h_{f1} = (h_a^* + c^* - x_{a1}) m_a + \delta h_f$ $h_{f2} = (h_a^* + c^* + x_{a1}) m_a + \delta h_f$	6,9801 10,6466	2,7958 4,6558	14,2500 23,2500
22. Нормальная толщина зу- ба в расчетном сечении	$s_{n1} = (0,5\pi + 2x_{n1}(\lg x_n + x_{11})) m_a$ $s_{n2} = \pi m_a - s_{n1}$	12,9735 9,1770	5,3893 4,0355	28,9366 18,1875
23. Сумма углов ножек ше- стерни и колеса (только для зубчатых колес с осевой фо- рмой зуба II)	a) при $\beta = 0^\circ$ $\Theta_{f2} = \frac{29673}{z_c}$ (в минутах) б) при $\beta \neq 0$ $\Theta_{f2} = \frac{K}{\sin \beta_n}$ (в минутах) $K = \frac{C_1 - C_2 R}{z_c}$	—	568' —	240

 $C_1$  и  $C_2$ —по табл. 1 приложения 4

## Продолжение табл. 2

Наименование параметров	Образование и расчетные формулы	Числовые примеры		
		1	2	3
24. Угол ножки зуба	$\operatorname{tg} \Theta_{f1} = \frac{h_{f1}}{R}$	$1^{\circ}44'$ $\operatorname{tg} \Theta_{f1} = 0,03026$	—	—
Осьная форма зуба I	$\operatorname{tg} \Theta_{f2} = \frac{h_{f2}}{R}$	$2^{\circ}38'$ $\operatorname{tg} \Theta_{f2} = 0,04599$	—	—
Осьная форма зуба II	$\Theta_{f1} = \Theta_{f2} \frac{5,68}{\pi m_6}$ (в минутах)	—	$4^{\circ}03'$ $\operatorname{tg} \Theta_{f1} = 0,01080$	—
Осьная форма зуба III	$\Theta_{f2} = \Theta_{f1} - \Theta_{f1}$ (в минутах)	—	$5^{\circ}25'$ $\operatorname{tg} \Theta_{f2} = 0,03482$	—
	$\Theta_{f1} = 0$ $\Theta_{f2} = 0$	—	—	0

Продолжение табл. 2

Назначование параметров	Обозначение и расчетные формулы	Паспортные параметры		
		1	2	3
25. Угол головки зуба	Осьвая форма зуба I $\theta_{a1} = \theta_{f1}$ $\theta_{n1} = \theta_{f1}$	$2^{\circ}38'$ $\lg \theta_{a1} = 0,04569$ $1^{\circ}44'$ $\lg \theta_{a1} = 0,03026$	— —	—
	Осьвая форма зуба II $\theta_{a1} = K_a \theta_{f1}$	$4^{\circ}26'$ $(K_a = 0,85)$ $\lg \theta_{a1} = 0,08046$	— —	—
	Осьвая форма зуба III $\theta_{a1} = K_a \theta_{f1}$ , $K_a$ — по приложению 4	$3^{\circ}51'$ $(K_a = 0,95)$ $\lg \theta_{a1} = 0,06730$	— —	—
	Осьвая форма зуба III $\theta_{a1} = 0$ $\theta_{n1} = 0$	— —	— —	0 0
26. Увеличение высоты головки зуба при переходе от расчетного сечения на внешнюю торец	$\Delta h_{ae1} = l_e \lg \theta_{a1}$ $\Delta h_{ae2} = l_e \lg \theta_{a2}$	1,7246 1,1047	0,9724 0,8134	0 0
27. Увеличение высоты головки зуба при переходе от расчетного сечения на внешнюю торец	$\Delta h_{f1e1} = l_e \lg \theta_{f1}$ $\Delta h_{f2e1} = l_e \lg \theta_{f2}$	1,1347 1,7246	0,88657 1,1460	0 0

Продолжение табл. 2

Назначение параметров	Обозначения и расчетные формулы	Числовые примеры		
		1	2	3
28. Уменьшение высоты головки зуба в расчетном сечении	$\begin{aligned} \Delta h_{a1} &= (b - l_e) (\lg \Theta_{f1} - \lg \Theta_{a1}) \\ \Delta h_{a2} &= (b - l_e) (\lg \Theta_{f1} - \lg \Theta_{a2}) \end{aligned}$	0 0	0,1424 0,0347	0 0
29. Высота головки зуба в расчетном сечении	$\begin{aligned} h_{a1} &= (h_a^* + x_{n1}) m_n - \delta h_{a1} \\ h_{a2} &= (h_a^* - x_{n1}) m_n - \delta h_{a2} \end{aligned}$	8,8839 5,2176	3,7876 2,0353	19,5000 10,5000
30. Внешняя высота головки зуба	$\begin{aligned} h_{ae1} &= h_{a1} + \Delta h_{ae1} \\ h_{ae2} &= h_{a2} + \Delta h_{ae2} \end{aligned}$	10,6085 6,3522	4,7900 2,8487	19,5000 10,5000
31. Внешняя высота ножки зуба	$\begin{aligned} h_{fe1} &= h_{f1} + \Delta h_{fe1} \\ h_{fe2} &= h_{f2} + \Delta h_{fe2} \end{aligned}$	8,1148 12,3712	3,6515 5,8018	14,2500 23,2500
32. Внешняя высота зуба	$\begin{aligned} h_{e1} &= h_{ae1} + h_{fe1} \\ h_{e2} &= h_{ae2} + h_{fe2} \end{aligned}$	18,7233 18,7234	8,4116 8,6506	33,7500 33,7500
33. Угол ножки вершины	$\begin{aligned} \delta_{a1} &= \delta_1 + \Theta_{a1} \\ \delta_{a2} &= \delta_2 + \Theta_{a2} \end{aligned}$	24°26' 69°56'	31°10' 67°17'	17°14' 72°46'

Продолжение табл. 2

Наименование параметров	Обозначения и расчетные формулы	Числовые примеры		
		1	2	3
34. Угол конуса впадин	$\delta_{f1} = \delta_1 - \Theta_{f1}$ $\delta_{f2} = \delta_2 - \Theta_{f2}$	20°04' 65°34'	22°31' 58°01'	17°14' 72°46'
35. Средний делительный диаметр	$d_1 = \frac{m_t z_1}{\cos \beta_1 n}$ $d_2 = \frac{m_t z_2}{\cos \beta_2 n}$	172,1467 430,3668	56,2721 112,5442	322,9163 1040,5080
36. Внешний делительный диаметр	$d_{e1} = m_t z_1$ $d_{e2} = m_t z_2$	200 500	67,0890 134,1640	360,0000 1160,0000
37. Внешний диаметр вершин зубцов	$d_{ae1} = d_{e1} + 2h_{ae1} \cos \delta_1$ $d_{ae2} = d_{e2} + 2h_{ae2} \cos \delta_2$	219,6995 504,7180	75,5998 136,7123	397,2493 1166,2215
38. Расстояние от вершин до плоскости внешней окружности вершин зубьев	$B_1 = 0,5d_{e2} - h_{ae1} \sin \delta_1$ $B_2 = 0,5d_{e1} - h_{ae2} \sin \delta_2$	246,0983 94,1088	64,9530 30,9931	574,2929 169,9713

Продолжение табл. 2

Написанные параметров	Обозначения и расчетные формулы	Числовые примеры		
		1	2	3
<b>Расчет постоянной хорд зуба и высоты до постоянной хорды в расчетном сечении (при <math>X_{n1} \leq 0,4</math>)</b>				
39. Постоянная хорда зуба	$\frac{S_{x1}}{S_{x2}} = 0,8830 \cdot S_{n1}$ $\frac{S_{x2}}{S_{n1}} = 0,8830 \cdot S_{x1}$	— —	4,7587 3,5633	25,5509 16,0595
40. Высота до постоянной хорды зуба	$\bar{h}_{x1} = h_{a1} - 0,1607 \cdot S_{n1}$ $\bar{h}_{x2} = h_{a2} - 0,1607 \cdot S_{n2}$	— —	2,9215 1,3868	14,8499 7,5773
<b>Расчет линейной толщины зуба по хорде и высоты до хорды в расчетном сечении</b>				
41. Пололиния угловой толщины зуба в нормальном сечении	$\Psi_{n1} = \frac{S_{n1} \cos \delta_1 \cos^2 \varphi_n}{d_1}$ $\Psi_{n2} = \frac{S_{n2} \cos \delta_2 \cos^2 \varphi_n}{d_2}$	— —	0,0469 0,0053	— —
42. Коэффициент, зависящий от угловой толщины зуба в нормальном сечении	$K_{\Phi n1} = 1 - \frac{\Psi_{n1}^2}{6}$ $K_{\Phi n2} = 1 - \frac{\Psi_{n2}^2}{6}$	— —	0,9996 1,0000	— —
Коэффициенты — по табл. 1 приложения 5				

Продолжение табл. 2

Написание параметров	Обозначения и расчетные формулы	Числовые признаки		
		1	2	3
43. Толщина зуба по хорде в расчетном сечении	$\overline{s}_1 = s_{a1} K_{\varphi 1}$ $\overline{s}_2 = s_{a2} K_{\varphi 2}$	12,9682 9,1770	— —	— —
44. Высота до хорды в расчетном сечении	$\overline{h}_{a1} = h_{a1} + 0,25 s_{a1} \Psi_{a1}$ $\overline{h}_{a2} = h_{a2} + 0,25 s_{a2} \Psi_{a2}$	9,0360 5,2296	— —	— —

**П о и м е ч а н и е.** Номера пунктов таблицы с 1 по 38 соответствуют номерам пунктов табл. 2 стандарта; номера пунктов таблицы с 39 по 44 соответствуют номерам пунктов табл. 3 стандарта.

Редактор *И. И. Топильская*  
Технический редактор *Л. Б. Семенова*  
Корректор *Н. Л. Шнайдер*

---

Сдано в набор 04. 02. 74      Подп. в печ. 17. 06. 74 4.75 п. л.      Тираж 30000

Издательство стандартов. Москва, д.22, Новопресненский пер., 3  
Калужская типография стандартов, ул. Московская, 256. Зак. 257