ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
СОЮЗА ССР

ПЕРЕДАЧИ ЗУБЧАТЫЕ КОНИЧЕСКИЕ С КРУГОВЫМИ ЗУБЬЯМИ

РАСЧЕТ ГЕОМЕТРИИ

ГОСТ 19326—73

Издание официальное

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СТАНДАРТОВ
СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР
Москва

gost.e-ecolog.ru

РАЗРАБОТАН Центральным научно-исследовательским институтом технологии машиностроени

Директор **Зорев Н. Н.**
Руководитель темы и исполь

**Экспериментальным научно-ис
порежущих станков (ЭНИМС)**

Зам. директора **Белов В. С.**
Руководители темы и исполнители: **Ко**

**ВНЕСЕН Министерством тяжелого,
ного машиностроения**

Зам. министра **Сирык П. О.**

ПОДГОТОВЛЕН К УТВЕРЖДЕНИЮ Всесоюзным научно-исследовательским институтом по нормализации в машиностроении (ВНИИНМАШ)

Директор **Верченко В. Р.**

УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 27 декабря 1973 г. № 2816

УДК 621.833.2(083.74) Группа Г15

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

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.

Издание официальное **Перепечатка воспрещена**

★ © Издательство стандартов, 1974

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;

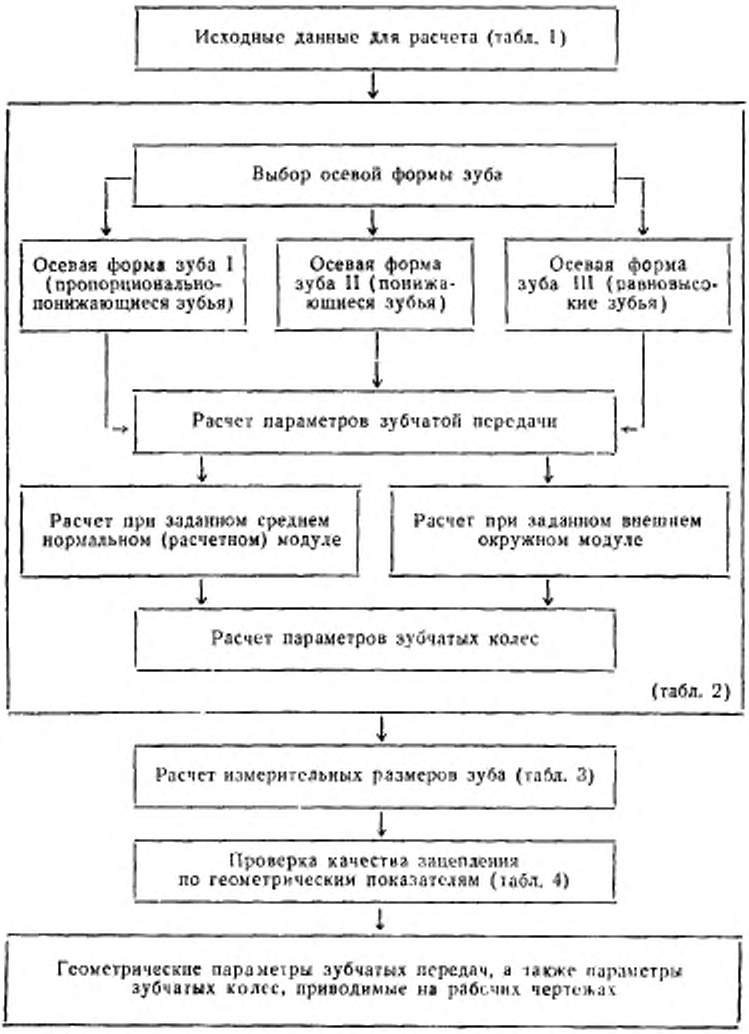
угловые размеры — с точностью не ниже 1′;

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}.

Таблица 2

Расчет основных геометрических параметров

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

Продолжение табл. 2

Наименование параметров	Обозначение	Расчетные формулы и указания	
7. **Ширина зубчатого венца**	b	1. Рекомендуется принимать $b \leqslant 0{,}35R$ или $b \leqslant 0{,}3R_e$ и $b \leqslant 14m_n$ или $b \leqslant 10m_{te}$. Исключение составляют зубчатые колеса любых модулей с $\beta_n < 20°$, зубчатые колеса с $m_n \leqslant 2$ 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 $8m_{te}$. Вычисленные значения b при $m_n > 1$ мм округляют до целого числа, а при $m_n \leqslant 1$ мм — до 0,5 мм и сопоставляют с допустимыми для выбранного диаметра зуборезной головки (табл. 2 приложения 2). 2. Для передач с параметрами по ГОСТ 12289—66 ширину зубчатого венца принимать по указанному стандарту	
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 $\Sigma \neq 90°$
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 $\Sigma \neq 90°$
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	Если m_n и $x_{\tau 1}$ приняты по табл. 2 приложения 1, то W_2 принимается по этой же таблице. В других случаях: $$W_2' = m_n [0{,}5\pi - 2(h_a^* + c^*)\operatorname{tg}\alpha_n + x_{\tau 1}].$$ Вычисленное значение W_2' рекомендуется округлять до ближайшего значения по табл. 2 приложения 1 или до имеющегося в производстве, соблюдая следующие условия: а) при $x_{\tau 1} = 0$ и $m_n > 1$ мм $$0{,}06\, m_n \geqslant (W_2' - W_2) \geqslant -0{,}02 m_n;$$ при $x_{\tau 1} = 1$ и $m_n \leqslant 1$ мм $$0{,}1\, m_n \geqslant (W_2' - W_2) \geqslant -0{,}02 m_n,$$ кроме того, вычисляется поправка на высоту ножки зуба $$\delta h_f = 0{,}5 (W_2' - W_2) \operatorname{ctg}\alpha_n;$$ б) при $x_{\tau 1} \neq 0$ и $m_n \geqslant 2$мм $$0{,}05 m_n \geqslant (W_2' - W_2) \geqslant -0{,}05 m_n,$$ кроме того, уточняется принятое в п. 12 значение $x_{\tau 1}$ по формуле: $$x_{\tau 1} = \frac{W_2}{m_n} - 0{,}5\pi + 2(h_a^* + c^*)\operatorname{tg}\alpha_n.$$

Продолжение табл. 2

Наименование параметров	Обозначение	Расчетные формулы и указания
		Если приведенные в подпунктах *а* и *б* неравенства не соблюдаются, то вычисляют новое значение m_n по формуле $$m_n = \frac{W_3}{0{,}5\pi - 2(h_a^* + c^*)\operatorname{tg}\alpha_n + x_{\tau 1}}.$$ По полученному значению m_n уточняется значение R (п. 2) и проводится последующий расчет
14. Расстояние от внешнего торца до расчетного сечения	l_e	$$l_e = 0{,}5\,b.$$ 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: $$l_e = R'_e - R; \quad l_e = 0{,}5\pi z_c\left(m'_{te} - \frac{m_n}{\cos\beta_n}\right).$$ При этом величина l_e должна быть в пределах $(0{,}4 \div 0{,}6)\,b$. Если это условие не соблюдается, то следует изменить исходные данные для расчета, например β_n
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_z	$W_z = \left(m_{te} - K_t \frac{b}{z_c}\right)[0{,}5\pi - 2(h_a^* + c^*)\operatorname{tg}\alpha_n + x_{\tau 1}]\cos\beta_n$ Первоначальный расчет производят при $K_t = 1$, что соответствует расположению расчетного сечения по середине ширины зубчатого венца. Вычисленное значение округляется до значения по ГОСТ 11902—66 или до имеющегося в производстве. 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_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 $x_{\tau 1}$ и β_n принятого K_t
18. Расчетный модуль	m_n	$m_n = \left(m_{te} - K_t \frac{b}{z_c}\right)\cos\beta_n$
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	$l_e = R_e - R$

Продолжение табл. 2

Наименования параметров	Обозначения	Расчетные формулы и указания		
Расчет параметров зубчатых колес				
		Осевая форма зуба I	Осевая форма зуба II	Осевая форма зуба III
21. Высота ножки зуба в расчетном сечении	h_f	$h_{f1} = (h_a^* + c^* - x_{n1})\, m_n + \delta h_f;$ $h_{f2} = (h_a^* + c^* + x_{n1}) m_n + \delta h_f.$ Поправка δh_f вводится только при $x_{\tau 1} = 0$ и двухсторонней обработке колеса и принимается по табл. 2 приложения 1 или вычисляется по п. 13 настоящей таблицы		
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
		—	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 $K = \frac{10800 \operatorname{tg} \beta_n}{z_c \operatorname{tg} \alpha_n} \times \left(1 - \frac{2R \sin \beta_n}{d_o}\right)$.	$\Theta_{f\Sigma} = 0$

Продолжение табл. 2

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

Продолжение табл. 2

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
		$\Delta h_{ae} = l_e \operatorname{tg} \Theta_a$		$\Delta h_{ae} = 0$
27. Увеличение высоты ножки зуба при переходе от расчетного сечения на внешний торец	Δh_{fe}	$\Delta h_{fe} = l_e \operatorname{tg} \Theta_f$		$\Delta h_{fe} = 0$
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}	$h_{ae} = h_a + \Delta h_{ae}$		$h_{ae} = h_a$

Продолжение табл. 2

Наименование 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
		$h_{fe} = h_f + \Delta h_{fe}$		$h_{fe} = h_f$
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}	$d_{ae} = d_e + 2h_{ae}\cos\delta$		

Продолжение табл. 2

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 $\Sigma = 90°$ $B_1 = 0{,}5\,d_{e2} - h_{ae1} \sin\delta_1;$ $B_2 = 0{,}5\,d_{e1} - h_{ae2} \sin\delta_2.$ 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 раздельно 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.

Таблица 3

Расчет измерительных размеров зуба

Наименование параметров	Обозначения	Расчетные формулы и указания	
Расчет постоянной хорды зуба и высоты до постоянной хорды в расчетном сечении			
1. **Постоянная хорда зуба**	$\overline{s}_c$	$\overline{s}_c = s_n \cos^2\alpha_n$. где s_n — по табл. 2, п. 22	Метод измерения рекомендуется для шестерни при любом значении x_{n1}, а для колеса — при $x_{n1} \leqslant 0{,}4$
2. **Высота до постоянной хорды зуба**	$\overline{h}_c$	$\overline{h}_c = h_a - 0{,}25 s_n \sin 2\alpha_n$, 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	

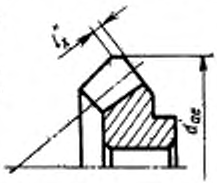
Продолжение табл. 3

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

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	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

Продолжение табл. 3

Наименования параметров	Обозначения	Расчетные формулы и указания
11. Расчетное расстояние от внешнего торца до измерительного сечения	l'_x	$l'_x = 0{,}5 s_n \frac{R_e}{R \cos\beta_n} \sin\beta_{ne} \cos\beta_{ne}$, 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	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	β_{nx}	$\sin\beta_{nx} = \frac{R}{R_x} \sin\beta_n + \left(\frac{R_x}{R} - \frac{R}{R_x}\right)\frac{R}{d_0}$ 

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

Продолжение табл. 3

Наименования параметров	Обозначения	Расчетные формулы и указания	
20. Коэффициент для расчета высоты до делительной хорды зуба в измерительном сечении	K_{hx}	$K_{hx} = 0{,}25\cos^2\delta_{nx}$	
21. Высота до делительной хорды зуба	$\overline{h}_{ax}$	$\overline{h}_{ax} = h_{ae} + s_{tx}K_{hx}\psi_{nx} - l_x\operatorname{tg}\Theta_a$, 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	$\overline{s}_{nyx2}$	$\overline{s}_{nyx2} = s_{tx2}\cos^2\delta_{nx}K_{\varphi nx2} + m_n\operatorname{tg}\alpha_n$	Метод измерения рекомендуется для колеса при $x_{n1} \geqslant 0{,}4$, $d_{yx2} = d_{x2} - m_n\cos\delta_{2x}$, 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	$\overline{h}_{ayx2}$	$\overline{h}_{ayx2} = h_{ae2} + s_{tx}K_{hx2}\psi_{nx2} - l_{x2}\operatorname{tg}\Theta_{a2} + 0{,}5m_n$	

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

Таблица 4

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}	$h'_{fe} = R_e\operatorname{tg}\delta\sin^2\alpha_{te} + \varrho_{f0}(1-\sin\alpha_n)$. где ϱ_{f0} — радиус закругления вершин резцов зуборезной головки; R_e, δ — по табл. 2, пп. 3 или 15 и 6. При $h'_{fe} \geqslant h_{fe}$ подрезание зуба у внешнего торца отсутствует
6. Наибольшая внутренняя высота ножки зуба, ограничиваемая подрезанием	h'_{fi}	$h'_{fi} = (R_e - b)\operatorname{tg}\delta\sin^2\alpha_{ti} + \varrho_{f0}(1-\sin\alpha_n)$. При $h'_{fi} \geqslant h_{fi}$ подрезание зуба у внутреннего торца отсутствует

Продолжение табл. 4

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}	$\operatorname{tg}\beta_{na} = \frac{d_{avt}}{d_{vt}} \operatorname{tg}\beta_n$

Продолжение табл. 4

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

Продолжение табл. 4

Наименования 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}	$d_{avtl} = d_{vtl} + 2h_{al}$
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_{tal}	$\cos\alpha_{tal} = \frac{d_{vtl}}{d_{avtl}}\cos\alpha_{tl}$
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_{nal}	$\operatorname{tg}\beta_{nal} = \frac{d_{avtl}}{d_{vtl}}\operatorname{tg}\beta_{nl}$

Продолжение табл. 4

Наименования параметров	Обозначения	Расчетные формулы и указания
22. Внешняя окружная толщина зуба шестерни	s_{te1}	При двустороннем методе обработки колеса $$s_{te1} = \frac{W_2 + 2h_{fe2}\operatorname{tg}\alpha_n}{\cos\beta_{ne}},$$ где W_2 — по табл. 2, пп. 13,17. При одностороннем методе обработки колеса и шестерни $$s_{te1} = \frac{s_{n1}}{\cos\beta_n} \cdot \frac{R_e}{R},$$ где s_{n1} — по табл. 2, п. 22
23. Внутренняя окружная толщина зуба шестерни	s_{ti1}	При двустороннем методе обработки колеса $$s_{ti1} = \frac{W_3 + 2h_{fi3}\operatorname{tg}\alpha_n}{\cos\beta_{ni}}.$$ При одностороннем методе обработки колеса и шестерни $$s_{ti1} = \frac{s_{n1}}{\cos\beta_n} \cdot \frac{R_e - b}{R}$$
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}	$$s_{nae} = d_{avte}\left(\frac{s_{te}}{d_{yte}} + \operatorname{inv}\alpha_{te} - \operatorname{inv}\alpha_{tae}\right)\cos\beta_{nae}.$$ При $z_{vt} > 150$ $$s_{nae} = s_{te}\cos\beta_{ne} - 2h_{ae}\operatorname{tg}\alpha_n$$

Продолжение табл. 4

Наименование параметров	Обозначение	Расчетные формулы и указания
27. Внутренняя нормальная толщина зуба на поверхности вершин	s_{nai}	$s_{nai} = d_{avti}\left(\frac{s_{ti}}{d_{vti}} + \text{inv}\,\alpha_{ti} - \text{inv}\,\alpha_{tai}\right)\cos\beta_{nai}$. При $z_{vi} > 150$ $s_{nai} \approx s_{ti}\cos\beta_{ni} - 2h_{ai}\,\text{tg}\,\alpha_n$
28. Коэффициент сужения нормальной толщины зуба	K_y	$K_y = \frac{s_{nae}}{s_{nai}}$. Должно выполняться условие $0{,}7 \leqslant K_y \leqslant 1{,}3$
29. Угол сужения нормальной толщины зуба на поверхности вершин	γ_n	$\gamma_n = \frac{(s_{nai} - s_{nae})\cos\beta_n}{b}$. Должно выполняться условие $-0{,}05 \leqslant \gamma_n \leqslant 0{,}07$
Проверка коэффициентов перекрытия		
30. Коэффициент торцового перекрытия	ε_α	$\varepsilon_\alpha = \varepsilon_a + \varepsilon_b - \varepsilon_c$, где $\varepsilon_a = \frac{1}{\pi\cos\alpha_t}\sqrt{\left(\frac{z_{vt1}}{2} + \frac{h_{a1}\cos\beta_n}{m_n}\right)^2 - \left(\frac{z_{vt1}}{2}\cos\alpha_t\right)^2}$; $\varepsilon_b = \frac{1}{\pi\cos\alpha_t}\sqrt{\left(\frac{z_{vt2}}{2} + \frac{h_{a2}\cos\beta_n}{m_n}\right)^2 - \left(\frac{z_{vt2}}{2}\cos\alpha_t\right)^2}$; $\varepsilon_c = \frac{z_{vt1} + z_{vt2}}{2\pi}\,\text{tg}\,\alpha_t$
31. Коэффициент осевого перекрытия	ε_β	$\varepsilon_\beta \approx \frac{b \cdot \sin\beta_n}{\pi m_n}$. Упрощенный расчет ε_β производится по черт. 3 приложения 5. При $\beta_n > 20$ рекомендуется $\varepsilon_\beta \approx 1{,}25$

Продолжение табл. 4

Наименования параметров	Обозначение	Расчетные формулы и указания
32. Коэффициент суммарного перекрытия	ε_γ	$\varepsilon_\gamma = \sqrt{\varepsilon_\alpha'^2 + \varepsilon_\beta'^2}$ — для передач с локализованным пятном контакта; $\varepsilon_\gamma' \approx \varepsilon_\alpha + \varepsilon_\beta$ — 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.

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 u от 1 до 10. Предпочтительными к применению являются передаточные числа от 1 до 6,3 ряда R_a 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

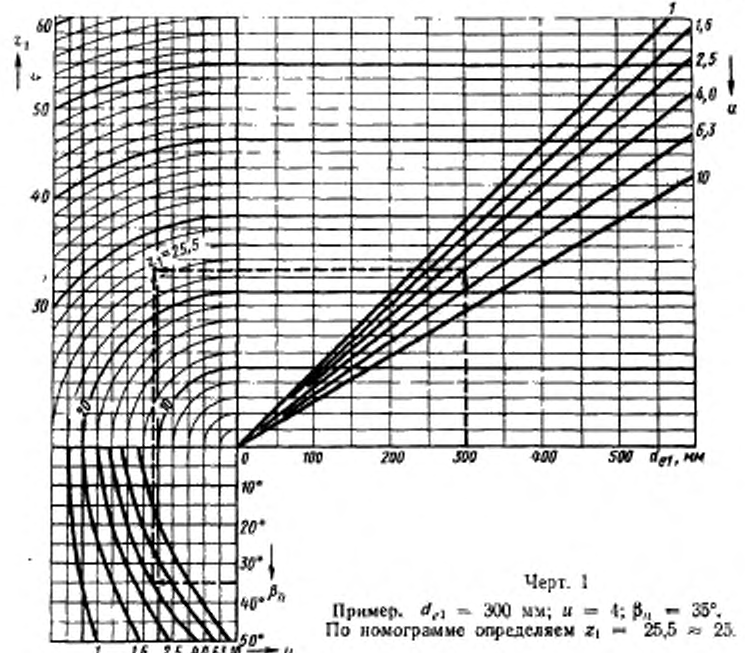
В системе расчета по настоящему стандарту в качестве расчетного принят нормальный модуль m_n в середине ширины венца или в расчетном сечении, близком от нее (см. пп. 14 и 20 табл. 2 настоящего стандарта).

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 $\beta_n \geqslant 42°$	12	30 при β_n от 0 до 15° 28 при $\beta_n \geqslant 20°$ 26 при β_n св. 29 до 45°
7	33 при $\beta_n \geqslant 40°$	13	26 при β_n от 0 до 15° 24 при β_n св. 15 до 29° 22 при β_n св. 29 до 45°
8	32 при $\beta_n \geqslant 38°$	14	20 при β_n от 0 до 45°
9	31 при $\beta_n \geqslant 35°$	15	19 при β_n от 0 до 45°
10	32 при $\beta_n \geqslant 28°$ 30 при $\beta_n \geqslant 32°$	16	18 при β_n от 0 до 45°
11	30 при $\beta_n \geqslant 25°$ 28 при β_n св. 29 до 45°	17	17 при β_n от 0 до 45°

Номограмма для определения рекомендуемого числа зубьев конических шестерен [$\alpha_n = 20°$; $\Sigma = 90°$] $z_1 = \sqrt{[22 - 9\lg u + (\frac{16}{u} - 22)\sin^2\beta_n]^2 + (6{,}25 - 4\lg u)\frac{d_{e1}^2}{645}}$



Черт. 1

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

В качестве исходного для расчета вместо m_n может быть принят внешний окружной модуль m_{te}. Так, для редукторных передач с параметрами по ГОСТ 12289—66, в котором стандартизованы внешние делительные диаметры колес (d_{e2}), первоначально определяют внешний окружной модуль $m_{te} = \frac{d_{e2}}{z_2}$, который и принимают в качестве исходного для дальнейшего расчета.

При $m_n < 2$ исходным 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

$$m_n = \frac{W_2}{0{,}5\pi - 2(h_a^* + c^*)\operatorname{tg}\alpha_n - x_{\tau_1}};$$

при исходном контуре по ГОСТ 16202—70

$$m_n = \frac{W_2}{0{,}6609 + x_{\tau_1}}.$$

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

$$m_n \approx \frac{1{,}7 R_e \cos\beta_n}{z_c}.$$

3. Угол наклона и направление линии зуба

Расчетный угол наклона зуба β_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 $\beta_n = 35°$. При z_1 от 6 до 12 рекомендуемые значения β_n указаны в табл. 1.

Угол β_n целесообразно назначать таким, чтобы коэффициент осевого перекрытия ε_β был не менее 1,25; при требовании максимальной плавности работы передачи рекомендуется $\varepsilon_\beta \geqslant 1{,}6$ (см. черт. 3 приложения 5).

При назначении угла β_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 график для определения величины и направления осевого усилия в ортогональной конической передаче при угле профиля исходного контура $\alpha_n = 20°$.

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_{t1} при средних нормальных модулях m_n по ГОСТ 9563—60

Средний нормальный модуль m_n		x_{t1}	W_2	δh_f	x_{t1}	W_2	x_{t1}	W_2
1-й 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. δh_f — поправка на высоту ножки зуба (см. табл. 2, п. 21 настоящего стандарта).

Таблица 3

Формулы для определения усилий в зацеплении

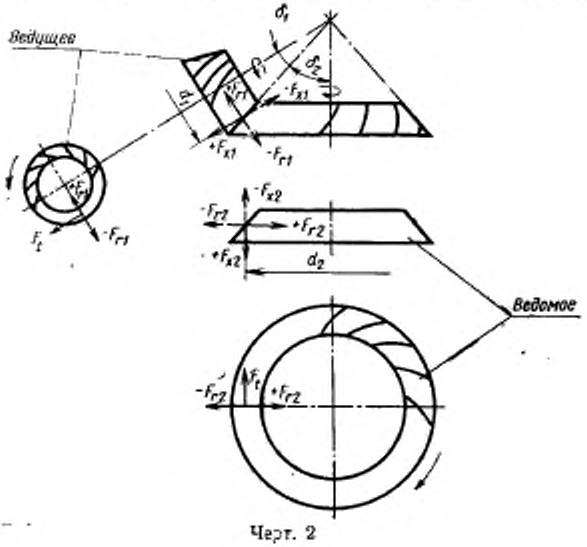
Усилия	Ведущее зубчатое колесо	Ведомое зубчатое колесо
Окружное	$F_t = \frac{2T_1}{d_1} = \frac{2T_2}{d_2}$, где T_1 и T_2 — моменты на шестерне и колесе	
Осевое	$F_x = F_t\left(\operatorname{tg}\alpha_n \frac{\sin\delta}{\cos\beta_n} + \operatorname{tg}\beta_n \cos\delta\right)$	$F_x = F_t\left(\operatorname{tg}\alpha_n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

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.

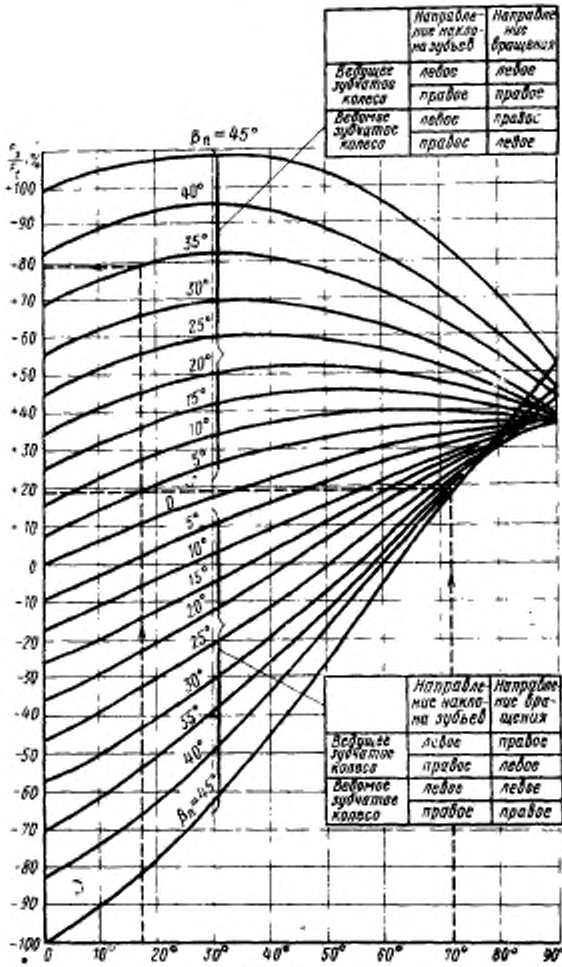
2. Направление вращения по часовой стрелке — правое; против часовой стрелки — левое.

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



Черт. 2

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



Угол делительного конуса

Черт. 3

Пример. Дано: $\delta_1 = 18°$; $\delta_2 = 72°$; $\beta_n = 35°$;
шестерня: направление наклона — правое; направление вращения — правое;
колесо: левое; направление вращения — левое.
По номограмме определяем $F_{x1} = 0{,}79F_t$; $F_{x2} = 0{,}19F_t$.

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 β_n' — предварительное значение угла наклона зуба проектируемой передачи.

Далее окончательно устанавливают расчетный угол наклона зуба β_n по формуле

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

При исходном контуре по ГОСТ 16202—70

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

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: $\alpha_n = 20°$; $h_a^* = 1$; $c^* = 0{,}25$ 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:

$$\rho_{k.01}' \geqslant \rho_f^* m_n \quad \text{и} \quad \rho_{k02}' \geqslant \rho_f^* m_n,$$

где ρ_{k01}' и ρ_{k02}' — 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 изломной прочности зубьев, значения ρ_f^* допускается принимать по радиусам закругления вершин резцов, установленным ГОСТ 11902—66.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2 к ГОСТ 19326—73
Рекомендуемое

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 $\beta_n > 15°$ 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 $\Sigma < 40°$ 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 мелкомодульных передач ($m_n < 2$) с осевой формой зуба III диаметр зуборезной головки и параметры передачи следует подбирать такими, чтобы соблюдалось равенство

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

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

Если при данных R, h_{te}, 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.

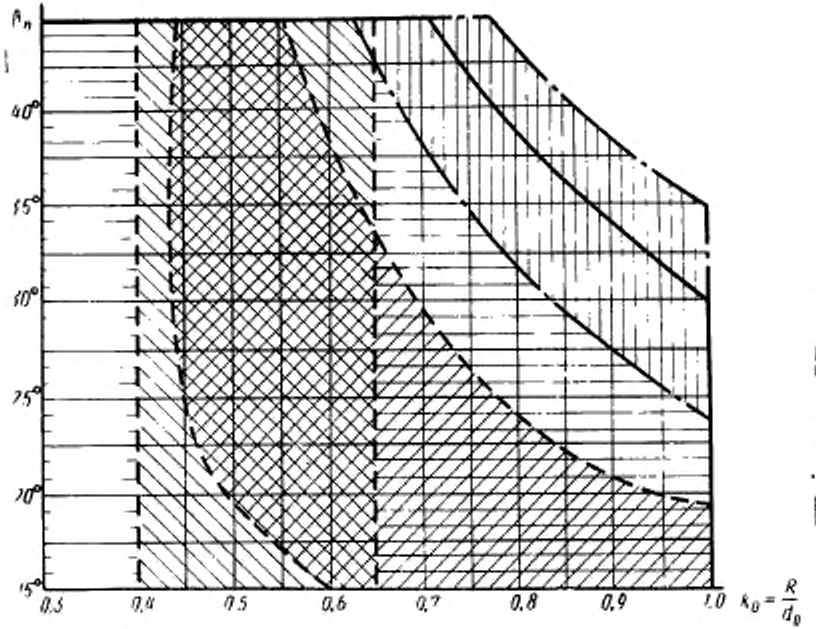
В некоторых технически обоснованных случаях предпочитают применять зуборезные головки меньшего или большего диаметра из ряда возможных значений.

Таблица 1

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

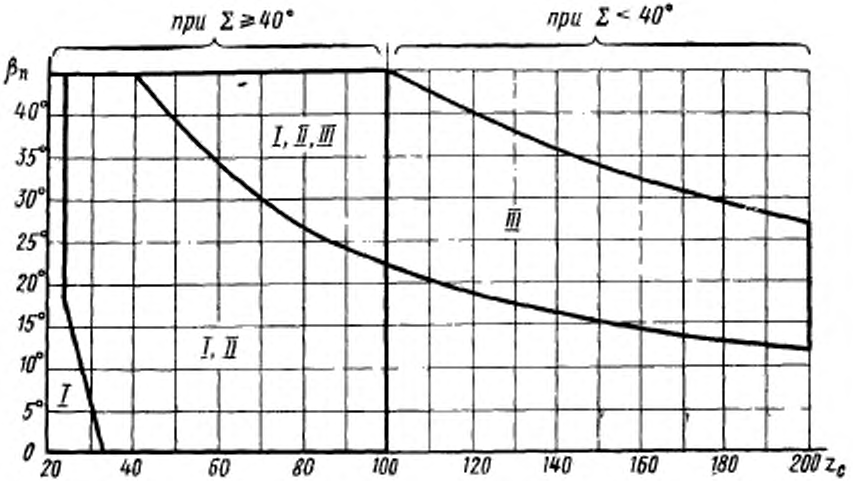
Наименование параметров	Обозначение	Осевая форма зуба		
		I	II	III
Средний нормальный модуль, мм	m_n	От 2 до 25	От 0,4 до 25	От 2 до 25
Среднее конусное расстояние, мм	R	От 60 до 650	От 6 до 700	От 75 до 750
Отношение среднего конусного расстояния к номинальному диаметру зуборезной головки	k_0	При $\beta_n > 15°$ — в пределах значений, указанных на черт. 1; при $\beta_n \leqslant 15°$ — 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

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 прямым направлением линий зубьев при угле делительного конуса $\delta \geqslant 50°$ 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. 3*а* при данных k_0 и β_n больше ординаты, определяемой по значениям δ и z_c на черт. 3*б*, то это указывает на отсутствие опасности вторичного резания при чистовой обработке конического зубчатого колеса методом обкатки. Аналогично сравнением ординат на черт. 3*а* 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

$$\operatorname{arcctg}\left(\frac{2R}{d_0 \cos\beta_n} - \operatorname{tg}\beta_n\right) - \frac{b}{2R}\operatorname{tg}\beta_n - \arccos c \geqslant 0{,}1; \qquad (1)$$

при чистовой обработке методом обкатки

$$\operatorname{arcctg}\left(\frac{2R}{d_0 \cos\beta_n} - \operatorname{tg}\beta_n\right) - \frac{b}{2R}\operatorname{tg}\beta_n - 0{,}5\arccos c - \frac{5\cos\delta}{z_c} + \frac{b}{8R}\operatorname{tg}\beta_n \geqslant 0{,}1, \qquad (2)$$

где

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

Если условие, выраженное (1) или графиками (черт. 3*а* и *в*), не соблюдается, то черновое нарезание зубчатых колес следует производить при $m_n < 2$ мм с наклоном инструментального шпинделя или с использованием других специальных технологических приемов, а при $m_n > 2$ мм — методом врезания.

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

Продолжение табл. 3

Размеры в мм

Расчетный угол наклона зуба β_n, 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				
От 0 до 15	160—250	—	400	30	40—80	3—10
Св. 15 до 29	180—280	—				
Св. 29 до 40	180—240	—				
От 0 до 15	180—300	—	(457,2)	28	50—100	4—10
Св. 15 до 29	200—320	—				
Св. 29 до 40	200—280	—				
От 0 до 15	200—320	—	500	36	50—100	4—12
Св. 15 до 29	225—350	—				
Св. 29 до 40	225—300	—				
От 0 до 15	250—400	—	630	45	70—125	4—16
Св. 15 до 29	290—440	—				
Св. 29 до 40	290—380	—				
От 0 до 15	320—520	—	800	60	80—160	5—20
Св. 15 до 29	360—560	—				
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	—	(12,7)	3	1—4	0,3—0,5
Св. 15 до 45		4—9				
От 0 до 15	8—13	—	20	3	1,6—5	0,4—0,8
Св. 15 до 45		6—14				
От 0 до 15	10—16	—	25	3	2—6	0,4—1,0
Св. 15 до 45		7—18				
От 0 до 15	11—18	—	(27,94)	3	2,2—6	0,4—1,0
Св. 15 до 45		8—19				
От 0 до 15	13—21	—	32	4	2,5—8	0,4—1,25
Св. 15 до 45		10—22				
От 0 до 15	15—25	—	(38,1)	5	3—8	0,4—1,25
Св. 15 до 45		11—26				

Продолжение табл. 2

Размеры в мм

Расчетный угол наклона зуба β_H, 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				
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 $\beta_д$, град	Пределы среднего конусного расстояния R		Номинальный диаметр зубореэной головки d_e	Внешняя высота зуба h_e	Ширина зубчатого венца b	Расчетный нормальный модуль 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

Осевая форма зуба III

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

Продолжение табл. 2

Размеры в мм

Расчетный угол наклона зуба $\beta_д$, град	Пределы среднего конусного расстояния R		Номинальный диаметр зуборезной головки d_3	Внешняя высота зуба h_e	Ширина зубчатого венца b	Расчетный нормальный модуль m_n
	рекомендуемые	допустимые				
30 35 40	160*—190 140*—190 125*—170	—	(190,5)	15	20—40	3—6
30 35 40	170*—200 150*—200 130*—180	—	200	15	20—40	3—6
30 35 40	190*—230 170*—230 150*—200	—	(228,6)	15	25—50	3—6
30 35 40	210*—250 190*—250 160*—225	—	250	18	25—50	3—7
30 35 40	260*—305 230*—305 200*—270	—	(304,8)	20	32—65	3—8
30 35 40	270*—315 235*—315 205*—280	—	315	24	32—65	3—8
30 35 40	340*—400 300*—400 260*—360	—	400	30	40—80	3—12
30 35 40	390*—460 340*—460 300*—410	—	(457,2)	28	50—100	4—12
30 35 40	420*—500 370*—500 330*—450	—	500	36	50—100	4—15
30 35 40	500*—630 470*—630 420*—570	—	630	45	63—125	5—18

Продолжение табл. 2

Размеры в мм

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

Примечания:

1. Если величина R превышает значение, отмеченное знаком «*», и угол делительного конуса $\delta_2 > 50°$, 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 β_H св. 40 до 45° 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 β_H св. 10 до 30° подбирают таким, чтобы удовлетворялись два уравнения:

$$d_0 = 2R\sin\beta_H(1 \pm 0{,}002 z_c \cos\beta_H),$$

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

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

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

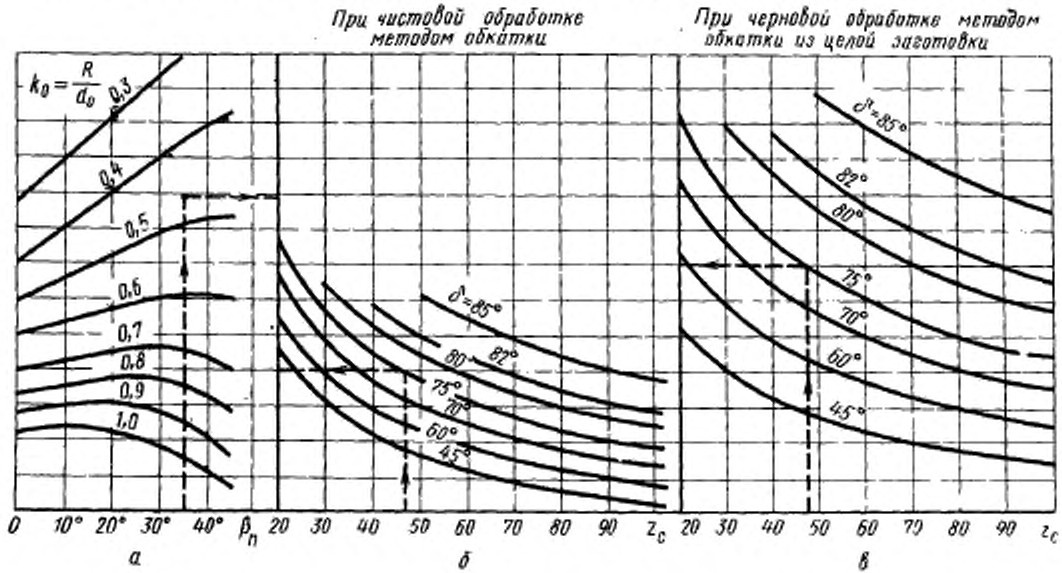
6. Зуборезные головки с номинальными диаметрами, заключенными в скобки, по возможности не применять.

Таблица 3

Проверка правильности выбора диаметра зуборезной головки по степени продольного сужения зубьев плоского зубчатого колеса, сопрягаемого с нарезаемой шестерней (при осевых формах зуба I и III)

Наименование параметров	Обозначения	Расчетные формулы и указания
1. Внешний нормальный шаг	p_{ne}	$p_{ne} = 2\pi \frac{R_e}{z_c} \cos\beta_{ne}$, где z_c, R_e — по табл. 2 настоящего стандарта (пп. 1, 3 или 15); β_{ne} — по табл. 3 настоящего стандарта (п. 9)
2. Внутренний нормальный шаг	p_{ni}	$p_{ni} = 2\pi \frac{R_e - b}{z_c} \cos\beta_{ni}$, где b — по табл. 2 настоящего стандарта (п.7); β_{ni} — по табл. 3 настоящего стандарта (п. 10)
3. Внешняя нормальная толщина зуба на поверхности вершин плоского производящего колеса, сопрягаемого с шестерней	s'_{nae1}	$s'_{nae1} \quad p_{ne} - 2(h_{fe1} + h_{fe2}) \operatorname{tg}\alpha_n - s_{n1} + 2h_{f2}\operatorname{tg}\alpha_n$, где h_{f2}, s_{n1}, h_{fe1}, h_{fe2} — по табл. 2 настоящего стандарта (пп. 21, 22, 31)
4. Внутренняя нормальная толщина зуба на поверхности вершин плоского колеса, сопрягаемого с шестерней	s'_{nai1}	$s'_{nai1} \quad p_{ni} - 2(h_{fi1} + h_{fi2}) \operatorname{tg}\alpha_n - s_{n1} + 2h_{f2}\operatorname{tg}\alpha_n$, где h_{fi} — по табл. 4 настоящего стандарта (п. 4)
5. Коэффициент сужения нормальной толщины зуба на поверхности вершин плоского колеса	K'_ψ	$K'_\psi = \frac{s'_{nae1}}{s'_{nai1}}$; допустимые пределы $0{,}7 \leqslant K'_\psi \leqslant 1{,}3$; при $K'_\psi > 1{,}3$ зуб плоского колеса имеет резко выраженное прямое сужение, диаметр зуборезной головки следует уменьшить; при $K'_\psi < 0{,}7$ зуб плоского колеса имеет резко выраженное обратное сужение, диаметр зуборезной головки следует увеличить

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



Черт. 3

Пример. Дано: $\delta = 75°$, $\beta_n = 35°$, $z_c = 47$, $k_0 = 0{,}47$.

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

ПРИЛОЖЕНИЕ 3 к ГОСТ 19326—73
Рекомендуемое

ВЫБОР КОЭФФИЦИЕНТОВ СМЕЩЕНИЯ И КОЭФФИЦИЕНТОВ ИЗМЕНЕНИЯ РАСЧЕТНОЙ ТОЛЩИНЫ ЗУБА ИСХОДНОГО КОНТУРА

1. В передачах с $u>1$ при разности твердости рабочих поверхностей зубьев шестерни и колеса менее НВ 100 шестерню рекомендуется выполнять с положительным смещением ($+x_{n1}$) по табл. 1, а колесо с равным ему по величине отрицательным смещением ($x_{n2} = -x_{n1}$).

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

Для передач, у которых u 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 $u\geqslant 2{,}5$ и $m_n>2$ 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 ($\frac{\pi m_n}{2}$) у исходного контура шестерни и соответственно уменьшенной у исходного контура колеса.

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

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

$x_{\tau 1} = 0{,}03 + 0{,}008\ (u - 2{,}5)$ при β_n от 0 до 15°;

$x_{\tau 1} = 0{,}07 + 0{,}010\ (u - 2{,}5)$ при β_n св. 15 до 29°;

$x_{\tau 1} = 0{,}11 + 0{,}010\ (u - 2{,}5)$ при β_n св. 29 до 40°;

$x_{\tau 1} = 0{,}15 + 0{,}012\ (u - 2{,}5)$ при β_n св. 40°.

Для ответственных тяжело нагруженных передач значения $x_{\tau 1}$ 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	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	0,05	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($\beta_n \geqslant 28$)	—	—	—	—	—	—	—	—	0,49	0,52	0,53	0,54
11($\beta_n \geqslant 25$)	—	—	-	—	—	—	—	—	0,48	0,49	0,51	0,52
12($\beta_n \geqslant 20$)	—	—	—	—	—	—	—	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(β_n>42°)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,70
7(β_n>40°)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,65	0,66
8(β_n>38°)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,51	0,53	0,54
9(β_n>35°)	—	—	—	—	—	—	—	—	0,46	0,49	0,50	0,52
10(β_n>32°)	—	—	—			—	—	—	0,41	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 $u_{\text{эф}}$ и $z_{\text{эф}1}$, а также для повышающих передач при $u \leqslant 3{,}15$.

Таблица 2

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

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	$\sqrt{(8)^2+\left(h_a^*\right)^2}$	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}.

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 β_n, град	Значения $x_{\tau 1}$ при передаточном числе передачи u			
	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

Примечания:

1. Данные таблицы могут быть использованы и для неортогональных передач, если вместо u принимать $u_{об}$.

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

3. Для повышающих передач рекомендуется принимать $x_{\tau 1} = 0$.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4 к ГОСТ 19326—73
Рекомендуемое

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 $\alpha_n = 20°$, приведена табл. 1, в которой:

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

Коэффициенты K, C_1 и C_2 связаны зависимостью:

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

При $K \geq 500$ 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 β_n, z_1 и u 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_{t1}, 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

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

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

α_{ta}, β_{na} и s_{na}^* — по табл. 4 настоящего стандарта (пп. 10, 11 и 12).

При вычислениях α_{ta}, β_{na} и s_{na}^* принимают ∂h_a равным нулю (табл. 2 настоящего стандарта, п. 29).

Значения коэффициентов C_1 и C_2

Диаметр зуборезной головки d_0, мм	Расчетный угол наклона зуба $\beta_д$, 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

Продолжение табл. 1

Диаметр зуборезной головки d_0, мм	Расчетный угол наклона зуба β_R, 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								
400	0	4,543	10,29	18,47	29,24	42,83	59,59	80,02	104,91
(457,2)	0	3,974	9,002	16,16	25,58	34,47	52,13	70,01	91,78
500	0	3,634	8,232	14,78	23,39	34,26	47,67	64,02	83,93
630	0	2,884	6,533	11,73	18,56	27,19	37,83	50,81	66,61
800	0	2,271	5,145	9,24	14,62	21,42	29,79	40,01	52,46
1000	0	1,817	4,116	7,39	11,70	17,13	23,84	32,01	41,96

Таблица 2

Значения коэффициента угла головки зуба K_a (при $\Sigma = 90°$; $\alpha_n = 20°$; $h^*_a = 1{,}0$; x_{n1} и x_{Σ} по табл. 1 и 3 приложения 3 и $k_0 = \frac{R}{d_0}$ от 0,3 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	—	—	—	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
Св. 15 до 29	10—11	—	—	—	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
	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_a, 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	—	—	—	—	0,75 / 1,00
	8—9	—	—	—	—	0,75 / 1,00
	10—11	—	—	—	0,80 / 1,00	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 / 1,00	0,85 / 1,00
	16—17	0,90 / 0,90	0,90 / 1,00	0,90 / 1,00	0,90 / 1,00	0,90 / 1,00
	18—19	0,90 / 0,90	0,90 / 1,00	0,90 / 1,00	0,90 / 1,00	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 / 1,00
	св. 30	1,00 / 1,00	1,00 / 1,00	1,00 / 1,00	1,00 / 1,00	1,00 / 1,00

Примечания:

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

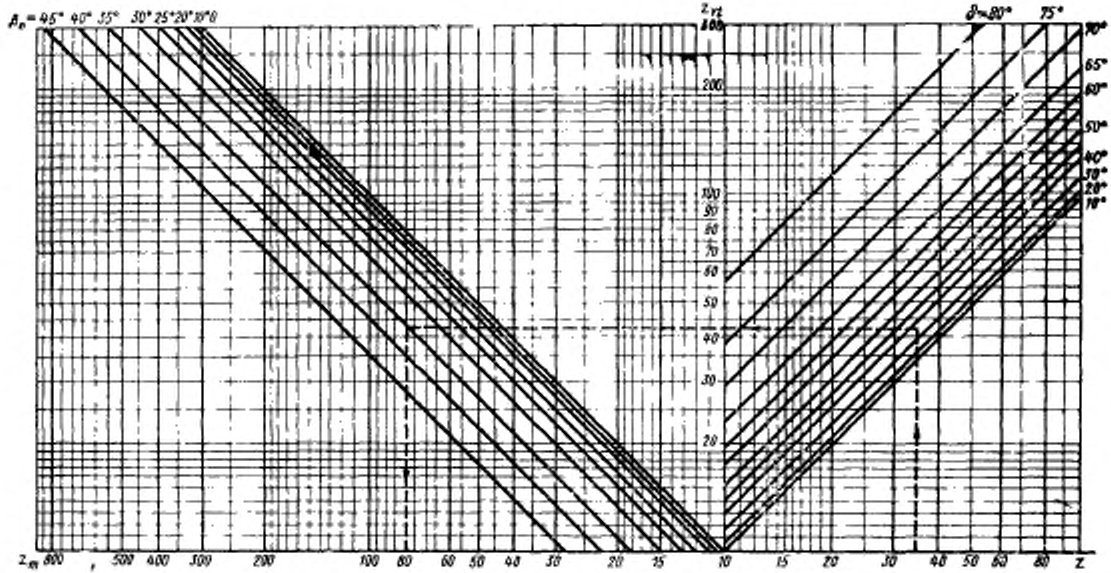
2. Данные таблицы могут быть использованы при $\Sigma \neq 90°$, если u заменить на $u_c b$ и z_1 на $z_c b_1$.

3. Допускается использовать данные таблицы при значениях $x_{\Sigma 1}$, отличных от указанных в табл. 3 приложения 3.

УПРОЩЕННЫЙ РАСЧЕТ НЕКОТОРЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Номограмма для определения чисел зубьев эквивалентного (z_{vt}) и бэквивалентного (z_{vn}) цилиндрического зубчатого колеса

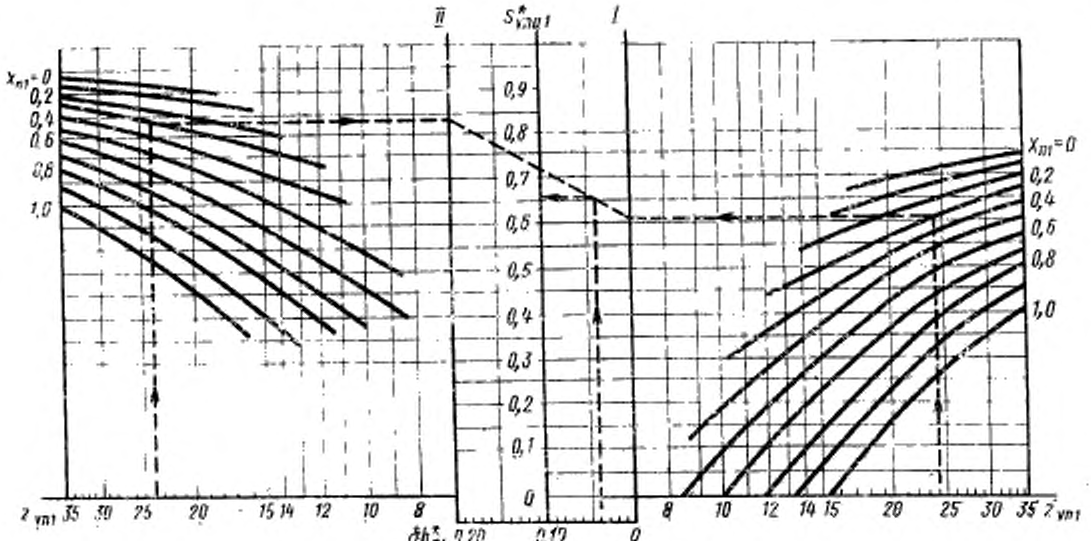
$$z_{vt} = \frac{z}{\cos\delta}; \qquad z_{vn} = \frac{z}{\cos\delta\cos^2\beta_n}$$



Черт. 1

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

Номограмма для определения нормальной толщины зуба на поверхности вершин зубьев шестерни в долях нормального модуля ($\alpha_n = 20°$, $h_a^* = 1$)

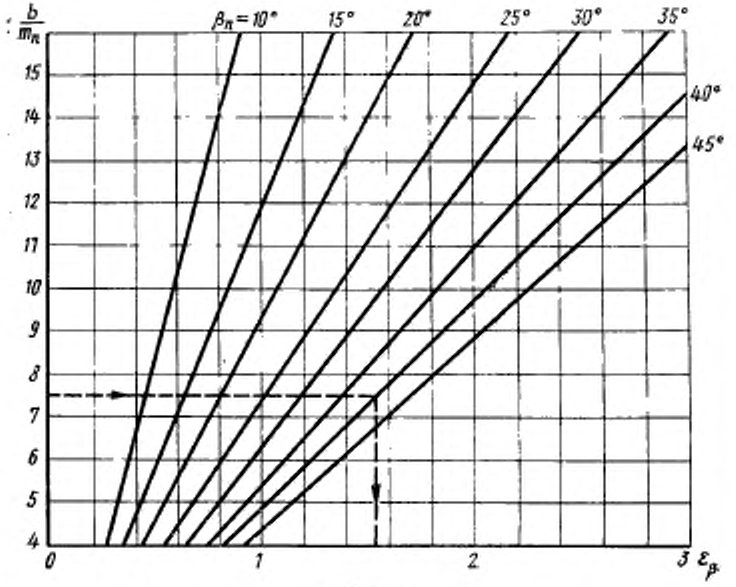


Черт. 2

Пример. $z_1=17$, $\delta = 26°34'$; $\beta_n = 25°$; $z_{\text{упл}} = 24$; $x_{n1} = 0{,}28$; $\delta h^*_{a1} = 0{,}04$ (см. табл. 2 настоящего стандарта, п. 28). По номограмме находим $s^*_{\text{упл}1} = 0{,}66$.

График для определения коэффициента осевого перекрытия

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



Черт. 3

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

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

Таблица 1

Значения коэффициента $K_{\psi\alpha}$

$$K_{\psi\alpha} = 1 - \frac{\psi^2_\alpha}{6}.$$

ψ_α	$K_{\psi\alpha}$	ψ_α	$K_{\psi\alpha}$	ψ_α	$K_{\psi\alpha}$
0,005	1,0000	0,205	0,9930	0,405	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	0,9506
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 резцов зуборезной головки

Наименование параметров	Обозначения	Расчетные формулы и указания
Определение радиуса закругления, допустимого шириной вершины резца		
1. Максимально допустимая часть ширины вершины резца, используемая для закругления при обработке шестерни	s'_{01}	Принимается равной меньшему из двух значений для данного вида обработки: $s'_{01}=s'_{nae1}-0,5-\Delta$; $s'_{01}=s'_{nai1}-0,5-\Delta$ — при обработке шестерни односторонними зуборезными головками; $s'_{01}=\frac{s'_{nae1}-0,5}{2}-\Delta$; $s'_{01}=\frac{s'_{nai1}-0,5}{2}-\Delta$ — при обработке шестерни двухсторонними зуборезными головками односторонним методом; $s'_{01}=\frac{s'_{nae1}-0,5}{2}$; $s'_{01}=\frac{s'_{nai1}-0,5}{2}$ — при обработке шестерни двухсторонними головками двухсторонним методом. В приведенных формулах s'_{nae1} и s'_{nai1} — по табл. 3 приложения 2 (соответственно пп. 3 и 4). Δ — припуск на сторону для чистовой обработки шестерни резцом; $\Delta \approx 0,1\, m_0$

Наименование параметров	Обозначения	Расчетные формулы и указания
2. Максимально допустимая часть ширины вершины резца, используемая для закругления, при обработке колеса двухсторонним методом	s'_{02}	$s'_{02} = \frac{W_2 - 0{,}5}{2}$, где W_2 — по табл. 2 настоящего стандарта (п. 13 или 17)
3. Наибольший допустимый по ширине вершины радиус закругления резца при обработке шестерни	ϱ'_{k01}	$\varrho'_{k01} = \frac{s_{01}\cos\alpha_n}{1 - \sin\alpha_n}$
4. Наибольший допустимый по ширине вершины радиус закругления резца при обработке колеса	ϱ'_{k02}	$\varrho'_{k02} = \frac{s'_{02}\cos\alpha_n}{1 - \sin\alpha_n}$
Определение наибольшего допустимого радиуса закругления по условиям исключения интерференции зубьев		
5. Диаметр впадин внешнего эквивалентного цилиндрического зубчатого колеса	d_{fvte}	$d_{fvte} = d_{vte} - 2h_{fe}$, где h_{fe} — по табл. 2 настоящего стандарта (п. 31); d_{vte} — по табл. 4 настоящего стандарта (п. 13)
6. Диаметр впадин внутреннего эквивалентного цилиндрического зубчатого колеса	d_{fvti}	$d_{fvti} = d_{vti} - 2h_{fi}$, где h_{fi} и d_{vti} — по табл. 4 настоящего стандарта (соответственно пп. 4 и 14)

Наименования параметров	Обозначения	Расчетные формулы и указания
7. Длина заполюсной части активной линии зацепления внешних эквивалентных цилиндрических зубчатых колес	g_{avte}	$g_{avte} = 0,5d_{vte1}(\operatorname{tg}\alpha_{ta e1} - \operatorname{tg}\alpha_{te})\cos\alpha_{te}$, где α_{te} и $\alpha_{ta e1}$ — по табл. 4 настоящего стандарта (соответственно пп. 1 и 18)
8. Длина дополюсной части активной линии зацепления внешних эквивалентных цилиндрических зубчатых колес	g_{fvte}	$g_{fvte} = 0,5d_{vte2}(\operatorname{tg}\alpha_{ta e2} - \operatorname{tg}\alpha_{te})\cos\alpha_{te}$
9. Длина заполюсной части активной линии зацепления внутренних эквивалентных цилиндрических зубчатых колес	g_{avti}	$g_{avti} = 0,5d_{vti1}(\operatorname{tg}\alpha_{ta i1} - \operatorname{tg}\alpha_{ti})\cos\alpha_{ti}$, где α_{ti} и $\alpha_{ta i1}$ — по табл. 4 настоящего стандарта (соответственно пп. 2 и 19)
10. Длина дополюсной части активной линии зацепления внутренних эквивалентных цилиндрических зубчатых колес	g_{fvti}	$g_{fvti} = 0,5d_{vti2}(\operatorname{tg}\alpha_{ta i2} - \operatorname{tg}\alpha_{ti})\cos\alpha_{ti}$.
11. Диаметр окружности граничных точек внешней эквивалентной цилиндрической шестерни	d_{lvte1}	$d_{lvte1} = 2\sqrt{0,25d_{vte1}^2 + g_{fvte}^2} - d_{vte1}\, g_{fvte}\sin\alpha_{te}$
12. Диаметр окружности граничных точек внешнего эквивалентного цилиндрического колеса	d_{lvte2}	$d_{lvte2} = 2\sqrt{0,25d_{vte2}^2 + g_{avte}^2} - d_{vte2}\, g_{avte}\sin\alpha_{te}$

Продолжение

Наименования параметров	Обозначения	Расчетные формулы и указания
13. Диаметр окружности граничных точек внутренней эквивалентной цилиндрической шестерни	d_{1vtl1}	$d_{1vtl1} = 2\sqrt{0{,}25d_{ott1}^2 + g_{fott}^2 - d_{otl1}\,g_{fott}\sin\alpha_{tt}}$
14. Диаметр окружности граничных точек внутреннего эквивалентного цилиндрического колеса	d_{1vtl2}	$d_{1vtl2} = 2\sqrt{0{,}25d_{ott2}^2 + g_{avtt}^2 - d_{otl2}\,g_{avtt}\sin\alpha_{tt}}$
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 $\rho^*_{k01} = \dfrac{d_{1vte1} - d_{fote1}}{2(1-\sin\alpha_n)}$; $\rho^*_{k01} = \dfrac{d_{1vtl1} - d_{fotl1}}{2(1-\sin\alpha_n)}$
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: $\rho^*_{k02} = \dfrac{d_{1vte2} - d_{fote2}}{2(1-\sin\alpha_n)}$; $\rho^*_{k02} = \dfrac{d_{1vtl2} - d_{fotl2}}{2(1-\sin\alpha_n)}$
17. Наибольший допустимый радиус закругления резца: для обработки шестерни	ρ_{k01}	Принимается равным меньшему из двух значений, вычисляемых по пп. 3 и 15
для обработки колеса	ρ_{k02}	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		

Таблица 2

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	$\operatorname{tg}\delta_1 = \frac{z_1}{z_2}$	21°48′	26°34′	17°14′
	$\delta_2 = 90° - \delta_1$	68°12′	63°26′	72°46′
	$\sin\delta_1 = \cos\delta_2$	0,37137	0,44724	0,29626
	$\cos\delta_1 = \sin\delta_2$	0,92848	0,89441	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	Расчет при заданном m_n: $W'_2 = m_n(0{,}6609 + x_{\tau 1})$	—	$W'_2 = 1{,}9827$ $W_2 = 2{,}00$	—
	При $x_{\tau 1} = 0$ $0{,}05\,m_n \geqslant W'_2 - W_2 \geqslant -0{,}02 m_n$ (1) $\delta h_f \approx \frac{W'_2 - W_2}{0{,}72784}$ (δh_f — по табл. 2 приложения 1) При $x_{\tau 1} \neq 0$ $0{,}05\,m_n \geqslant W'_2 - W_2 \geqslant -0{,}05\,m_n$ (2) Уточняется значение $x_{\tau 1}$ в п. 12 $x_{\tau 1} = \frac{W_2}{m_n} - 0{,}6609.$ Если неравенства (1) и (2) не соблюдаются, то определяют новое значение m_n по формуле $m_n = \frac{W_2}{0{,}6609 + x_{\tau 1}}$	—	Неравенство соблюдается $\delta h_f = 0{,}024$	—

Продолжение табл. 2

Наименование 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 $l_e = 0{,}5 z_c \left(m'_{te} - \frac{m_n}{\cos\beta_n}\right)$, 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 чистовой двухсторонней обработки колеса	Расчет при заданном m_{te}	$W_2 = \left(m_{te} - K_1 \frac{b}{z_c}\right)(0{,}6609 + x_{\tau 1})\cos^3\beta_n$	$W_2 = 5{,}2$ при $K_1 = 1{,}0$; $\beta_n = 35°$; $x_{\tau 1} = 0{,}08$ (уточненное значение)	—	$W_2 = 12{,}0$ при $K_1 = 1{,}0$ $x_{\tau 1} = 0{,}14$ (уточненное значение); $\beta_n = 33°16'34''$ (уточненное значение) $\cos\beta_n = 0{,}83604$
18. Нормальный модуль в расчетном сечении		$m_n = \left(m_{te} - K_1 \frac{b}{z_c}\right)\cos\beta_n$	7,0507	—	15,0000

Продолжение табл. 2

Наименования параметров		Обозначения и расчетные формулы	Числовые примеры 1	2	3
19. Среднее конусное расстояние	Расчет при заданном m_{te}	$R = \frac{m_n z_c}{2 \cos \beta_n}$	231,7594	—	544,7906
20. Расстояние от внешнего торца до расчетного сечения		$l_c = R_e - R$	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 $\beta = 0°$ $\Theta_{f\Sigma} \approx \frac{29673}{z_c}$ (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	—

Продолжение табл. 2

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	$\Theta_{f1}=\Theta_{f\Sigma}\frac{s_{n1}}{\pi m_n}$ (в минутах)	—	4°03′ $\operatorname{tg}\Theta_{f1}=$ =0,07080	—
		$\Theta_{f2}=\Theta_{f\Sigma}-\Theta_{f1}$ (в минутах)	—	5°25′ $\operatorname{tg}\Theta_{f2}=$ =0,09482	—
	Осевая форма зуба III	$\Theta_{f1}=0$ $\Theta_{f2}=0$	— —	— —	0 0

Продолжение табл. 2

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°38′ $\operatorname{tg}\theta_{a1}$ = =0,04599 1°44′ $\operatorname{tg}\theta_{a2}$ = =0,03026	— —	
	Осевая форма зуба II	$\theta_{a1} = K_{a1}\theta_{f2}$	—	4°36′ (K_{a1}=0,85) $\operatorname{tg}\theta_{a1}$ = =0,08046	
		$\theta_{a2} = K_{a2}\theta_{f1}$, K_a — по приложению 4	—	3°51′ (K_{a2}=0,95) $\operatorname{tg}\theta_{a2}$ = =0,06730	—
	Осевая форма зуба III	$\theta_{a1} = 0$ $\theta_{a2} = 0$	— —	— —	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 1,1347	0,9724 0,8134	0 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 1,7246	0,8557 1,1460	0 0

Продолжение табл. 2

Наименование параметров	Обозначения и расчетные формулы	Числовые примеры		
		1	2	3
28. Уменьшение высоты головки зуба в расчетном сечении	$\delta h_{a1} = (b - l_e)(\operatorname{tg}\Theta_{f1} - \operatorname{tg}\Theta_{a1})$ $\delta h_{a2} = (b - l_e)(\operatorname{tg}\Theta_{f1} - \operatorname{tg}\Theta_{a2})$	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′

Продолжение табл. 2

Наименования 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	$d_1 = \frac{m_n z_1}{\cos\beta_n}$ $d_2 = \frac{m_n z_2}{\cos\beta_n}$	172,1467 430,3668	56,2721 112,5442	322,9163 1040,5060
36. Внешний делительный диаметр	$d_{e1} = m_{te} z_1$ $d_{e2} = m_{te} z_2$	200 500	67,0820 134,1640	360,0000 1160,0000
37. Внешний диаметр вершин зубьев	$d_{ae1} = d_{e1} + 2h_{ae1}\cos\delta_1$ $d_{ae2} = d_{e2} + 2h_{ae2}\cos\delta_2$	219,6995 504,7180	75,5968 136,7123	397,2493 1166,2215
38. Расстояние от вершины до плоскости внешней окружности вершин зубьев	$B_1 = 0{,}5d_{e2} - h_{ae1}\sin\delta_1$ $B_2 = 0{,}5d_{e1} - h_{ae2}\sin\delta_2$	246,0603 94,1068	64,9530 30,9931	574,2229 169,9713

Продолжение табл. 2

Наименования параметров	Обозначения и расчетные формулы	Числовые примеры		
		1	2	3
Расчет постоянной хорды зуба и высоты до постоянной хорды в расчетном сечении (при $x_{n1} \leqslant 0{,}4$)				
39. Постоянная хорда зуба:	$\overline{s}_{c1} = 0{,}8830\, s_{n1}$ $\overline{s}_{c2} = 0{,}8830\, s_{n2}$	— —	4,7587 3,5633	25,5509 16,0595
40. Высота до постоянной хорды зуба	$\overline{h}_{c1} = h_{a1} - 0{,}1607\, s_{n1}$ $\overline{h}_{c2} = h_{a2} - 0{,}1607\, s_{n2}$	— —	2,9215 1,3868	14,8499 7,5773
Расчет делительной толщины зуба по хорде и высоты до хорды в расчетном сечении				
41. Половина угловой толщины зуба в нормальном сечении	$\psi_{n1} = \dfrac{s_{n1} \cos\delta_1 \cos^2\beta_n}{d_1}$ $\psi_{n2} = \dfrac{s_{n2} \cos\delta_2 \cos^2\beta_n}{d_2}$	0,0469 0,0053	— —	— —
42. Коэффициент, зависящий от угловой толщины зуба в нормальном сечении	$K_{\psi n1} = 1 - \dfrac{\psi_{n1}^2}{6}$ $K_{\psi n2} = 1 - \dfrac{\psi_{n2}^2}{6}$ Коэффициенты — по табл. 4 приложения 5	0,9996 1,0000	— —	— —

Продолжение табл. 2

Наименование параметров	Обозначения и расчетные формулы	Числовые примеры		
		1	2	3
43. Толщина зуба по хорде в расчетном сечении	$\overline{s_1} = s_{n1} K_{\varphi n1}$	12,9682	—	—
	$\overline{s_2} = s_{n2} K_{\varphi n2}$	9,1770	—	—
44. Высота до хорды в расчетном сечении	$\overline{h}_{a1} = h_{a1} + 0{,}25 s_{n1} \psi_{n1}$	9,0360	—	—
	$\overline{h}_{a2} = h_{a2} + 0{,}25 s_{n2} \psi_{n2}$	5,2296	—	—

Примечание. Номера пунктов таблицы с 1 по 38 соответствуют номерам пунктов табл. 2 стандарта; номера пунктов таблицы с 39 по 44 соответствуют номерам 1—6 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 Тир. 30000

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

gost.e-ecolog.ru