УДК 621.833.1:006.354

Группа Г15

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

# ПЕРЕДАЧИ ЗУБЧАТЫЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ЭВОЛЬВЕНТНЫЕ ВНЕШНЕГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ

## Расчет геометрии

Cilindrical involute external gear pairs.
Calculation of geometry

**ГОСТ 16532—70**

Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 30 декабря 1970 г. № 1848 срок введения установлен

с 01.01.72

Настоящий стандарт распространяется на зубчатые передачи с постоянным передаточным отношением, зубчатые колеса которых соответствуют исходным контурам с равными делительными номинальными толщиной зуба и шириной впадины, с делительной прямой, делящей глубину захода пополам, без модификации и с модификацией головки.

Стандарт устанавливает метод расчета геометрических параметров зубчатой передачи, а также геометрических параметров зубчатых колес, приводимых на рабочих чертежах в соответствии с ГОСТ 2.403—75.

## 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 16531—70.

1.3. Наименования параметров, приводимых на рабочих чертежах зубчатых колес в соответствии с ГОСТ 2.403—75, а также межосевое расстояние зубчатой передачи, 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 главный торцовый профиль зуба, являющийся эвольвентой основной окружности диаметра $d_b$.

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

1.7. Расчет некоторых геометрических и кинематических параметров, применяемых в расчете зубчатой передачи на прочность, приведен в приложении 5.

Издание официальное

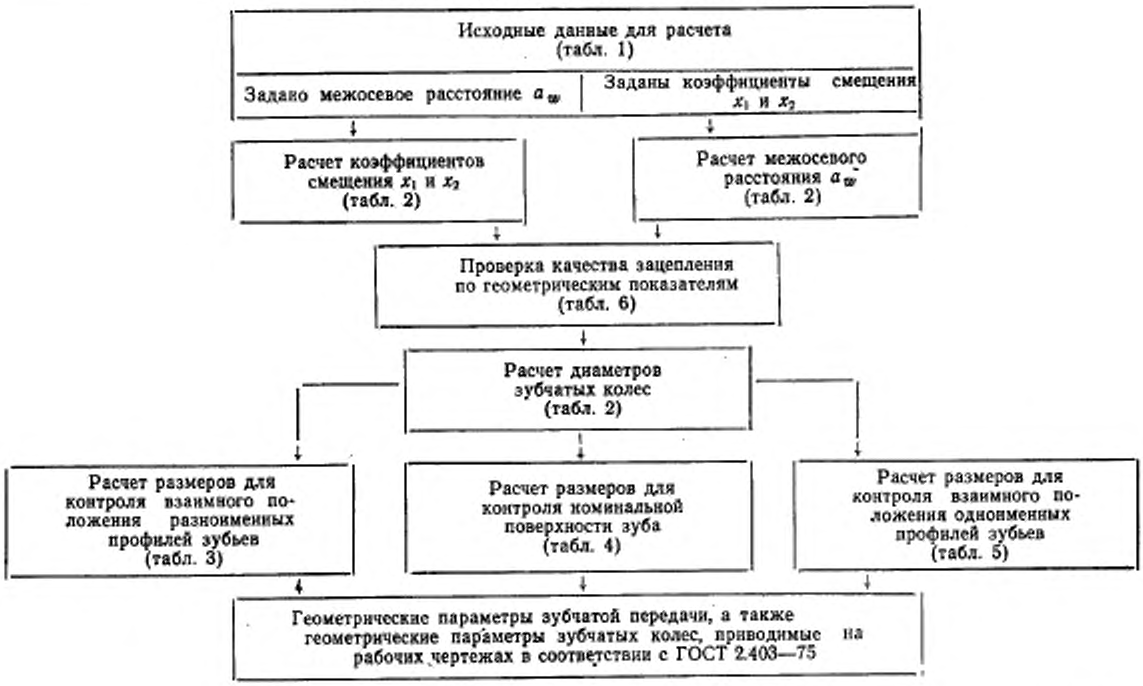
Перепечатка воспрещена

Переиздание. Август 1983 г.



gost.e-ecolog.ru

**Принципиальная схема расчета геометрии**




## 2. РАСЧЕТ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Таблица 1

**Исходные данные для расчета**

| Наименование параметра | | | Обозначение |
|---|---|---|---|
| Число зубьев | | шестерни | $z_1$ |
| | | колеса | $z_2$ |
| Модуль | | | $m$ |
| Угол наклона | | | $\beta$ |
| Нормальный исходный контур | Угол профиля | | $\alpha$ |
| | Коэффициент высоты головки | | $h_a^*$ |
| | Коэффициент граничной высоты | | $h_l^*$ |
| | Коэффициент радиального зазора | | $c^*$ |
| | Линия модификации головки | | — |
| | Коэффициент высоты модификации головки | | $h_g^*$ |
| | Коэффициент глубины модификации головки | | $\Delta^*$ |
| Межосевое расстояние | | | $a_w$ |
| Коэффициент смещения | | у шестерни | $x_1$ |
| | | у колеса | $x_2$ |

Примечания:

1. Межосевое расстояние $a$ входит в состав исходных данных, если его значение задано.

2. Коэффициенты смещения $x_1$ и $x_2$ входят в состав исходных данных, если значение межосевого расстояния $a_w$ не задано.

При исходном контуре по ГОСТ 13755—81 величины $x_1$ и $x_2$ рекомендуется выбирать с учетом приложений 2 и 3.

Таблица 2

## Расчет основных геометрических параметров

| Наименование параметра | | Обозначение | Расчетные формулы и указания |
|---|---|---|---|
| **Расчет коэффициентов смещения $x_1$ и $x_2$ при заданном межосевом расстоянии $a_w$** | | | |
| 1. Делительное межосевое расстояние | | $a$ | $a = \frac{(z_1+z_2)m}{2\cos\beta}$ |
| 2. Угол профиля | | $\alpha_t$ | $\operatorname{tg}\alpha_t = \frac{\operatorname{tg}\alpha}{\cos\beta}$ |
| 3. Угол зацепления | | $\alpha_{tw}$ | $\cos\alpha_{tw} = \frac{a}{a_w}\cos\alpha_t$ |
| 4. Коэффициент суммы смещений | | $x_\Sigma$ | $x_\Sigma = \frac{(z_1+z_2)(\operatorname{inv}\alpha_{tw}-\operatorname{inv}\alpha_t)}{2\operatorname{tg}\alpha}$ |
| 5. Коэффициент смещения | у шестерни | $x_1$ | При $\alpha=20°$ (включая исходные контуры по ГОСТ 13755—81 и ГОСТ 9587—70) упрощенный расчет $x_\Sigma$, $\alpha_t$ и угла зацепления прямозубой передачи приведен в табл. 1 приложения 1 |
| | у колеса | $x_2$ | При исходном контуре по ГОСТ 13755—81 разбивку значения $x_\Sigma = x_1 + x_2$ на составляющие $x_1$ и $x_2$ рекомендуется производить с учетом приложений 2 и 3 |
| **Расчет межосевого расстояния $a_w$ при заданных коэффициентах смещения $x_1$ и $x_2$** | | | |
| 6. Коэффициент суммы смещений | | $x_\Sigma$ | $x_\Sigma = x_1 + x_2$ |
| 7. Угол профиля | | $\alpha_t$ | $\operatorname{tg}\alpha_t = \frac{\operatorname{tg}\alpha}{\cos\beta}$ |
| 8. Угол зацепления | | $\alpha_{tw}$ | $\operatorname{inv}\alpha_{tw} = \frac{2x_\Sigma\operatorname{tg}\alpha}{z_1+z_2} + \operatorname{inv}\alpha_t$ |
| 9. Межосевое расстояние | | $a_w$ | $a_w = \frac{(z_1+z_2)m}{2\cos\beta}\cdot\frac{\cos\alpha_t}{\cos\alpha_{tw}}$ |
| **Расчет диаметров зубчатых колес** | | | |
| 10. Делительный диаметр | шестерни | $d_1$ | $d_1 = \frac{z_1 m}{\cos\beta}$ |
| | колеса | $d_2$ | $d_2 = \frac{z_2 m}{\cos\beta}$ |
| 11. Передаточное число | | $u$ | $u = \frac{z_2}{z_1}$ |
| 12. Начальный диаметр | шестерни | $d_{w1}$ | $d_{w1} = \frac{2a_w}{u+1}$ |
| | колеса | $d_{w2}$ | $d_{w2} = \frac{2a_w u}{u+1}$ |
| 13. Коэффициент воспринимаемого смещения | | $y$ | $y = \frac{a_w - a}{m}$ |
| 14. Коэффициент уравнительного смещения | | $\Delta y$ | $\Delta y = x_\Sigma - y$ |

*Продолжение табл. 2*

| Наименование параметра | | Обозначение | Расчетные формулы и указания | |
|---|---|---|---|---|
| 15. Диаметр вершин зубьев | шестерни | $d_{a1}$ | $d_{a1}=d_1+2(h_a^*+x_1-\Delta y)m$ | В обоснованных случаях допускается изменение величин диаметров |
| | колеса | $d_{a2}$ | $d_{a2}=d_2+2(h_a^*+x_2-\Delta y)m$ | |
| 16. Диаметр впадин | шестерни | $d_{f1}$ | $d_{f1}=d_1-2(h_a^*+c^*-x_1)m$ | Размеры являются справочными |
| | колеса | $d_{f2}$ | $d_{f2}=d_2-2(h_a^*+c^*-x_2)m$ | |

Примечания:
1. Для прямозубых передач $\beta=0°$, тогда $a=0{,}5(z_1+z_2)m$, $\alpha t=\alpha$, $d=zm$.
2. При $a=a_w$ получаем $\alpha_w=\alpha_t$, $x_\Sigma=0$, $d_w=d$, $y=0$ и $\Delta y=0$.
3. При $x_\Sigma=0$ получаем $\alpha_{tw}=\alpha_t$, $\alpha_w=\alpha$, $d_w=d$, $y=0$ и $\Delta y=0$.
4. Указания, относящиеся к диаметрам вершин зубьев и впадин зубчатых колес, окончательно обрабатываемых только зуборезным долбяком, даны в приложении 4.

Таблица 3

## Расчет размеров для контроля взаимного положения разноименных профилей зубьев

| Наименование параметра | Обозначение | Расчетные формулы и указания | |
|---|---|---|---|
| **Расчет постоянной хорды и высоты до постоянной хорды** | | | |
| 1. Постоянная хорда | $\overline{s}_c$ | $\overline{s}_c=\left(\frac{\pi}{2}\cos^2\alpha+x\sin 2\alpha\right)m$<br>Должно выполняться условие<br>$\rho_s>\rho_\rho$<br>Здесь:<br>$\rho_s$ — радиус кривизны разноименных профилей зуба в точках, определяющих постоянную хорду<br>$\rho_s=0{,}5\left(d_b\operatorname{tg}\alpha_t+\overline{s}_c\frac{\cos\beta_b}{\cos\alpha}\right)$,<br>где $d_b$ — по табл. 4, п. 1,<br>$\beta_b$ — по табл. 4, п. 11,<br>$\rho_\rho$ — по табл. 4, п. 3.<br>При модификации головки должно выполняться дополнительное условие<br>$\rho_s<\rho_g$,<br>где $\rho_g$ — по табл. 4, п. 5 | При $\alpha=20°$ (включая исходные контуры по ГОСТ 13755—81 и ГОСТ 9587—70) упрощенный расчет $\overline{s}_c$ и $\overline{h}_c$ приведен в табл. 2 приложения 1 |
| 2. Высота до постоянной хорды | $\overline{h}_c$ | $\overline{h}_c=0{,}5(d_a-d-\overline{s}_c\operatorname{tg}\alpha)$ | |
| **Расчет длины общей нормали** | | | |
| 3. Угол профиля в точке на концентрической окружности диаметра $d_x=d+2xm$ | $\alpha_x$ | $\cos\alpha_x=\frac{z\cos\alpha_t}{z+2x\cos\beta}$<br>При $\frac{z\cos\alpha_t}{z+2x\cos\beta}>1$ следует принимать $z_w=3$ | |

*Продолжение табл. 3*

| Наименование параметра | Обозначение | Расчетные формулы и указания |
|---|---|---|
| 4. Расчетное число зубьев в длине общей нормали | $z_{Wr}$ | $z_{Wr}=\frac{z}{\pi}\left(\frac{\operatorname{tg}\alpha_x}{\cos\beta_b}-\frac{2x\operatorname{tg}\alpha}{z}-\operatorname{inv}\alpha_t\right)+0{,}5$ ,<br>где $\beta_b$ — по табл. 4, п. 11 |
| 5. **Длина общей нормали** | $W$ | $W=[\pi(z_W-0{,}5)+2x\operatorname{tg}\alpha+z\operatorname{inv}\alpha_t]\,m\cos\alpha$ ,<br>где $z_W$ — округленное до ближайшего целого числа значение $z_{Wr}$<br>Должно выполняться условие<br>$\rho_\rho<\rho_W<\rho_a$<br>Здесь:<br>$\rho_\rho$ — по табл. 4, п. 3;<br>$\rho_W$ — радиус кривизны разноименных профилей зубьев в точках, определяющих длину общей нормали<br>$\rho_W=\frac{0{,}5\,W}{\cos\beta_b}$<br>$\rho_a$ — радиус кривизны профиля зуба в точке на окружности вершин<br>$\rho_a=0{,}5d_a\sin\alpha_a$,<br>где $\alpha_a$ — по табл. 4, п. 2.<br>Если имеется притупление продольной кромки зуба, в неравенство вместо $\rho_a$ следует подставлять значение радиуса кривизны профиля зуба в точке притупления $\rho_k$<br>$\rho_k=0{,}5d_k\sin\alpha_k$,<br>где $d_k$ и $\alpha_k$ — по табл. 4, п. 2.<br>При модификации головки в неравенство вместо $\rho_a$ следует подставлять значение $\rho_g$ ,<br>где $\rho_g$ — по табл. 4, п. 5.<br>Если условие левой части неравенства не выполняется, следует пересчитать значение $W$ при увеличенном значении $z_W$. Если условие правой части неравенства не выполняются, следует пересчитать значение $W$ при уменьшенном значении $z_W$ .<br>При увеличении или уменьшении числа зубьев в длине общей нормали $z_W$ на один зуб длина общей нормали $W$ соответственно увеличивается или уменьшается на шаг зацепления $p_\alpha$ , где $p_\alpha$ — по табл. 5, п. 5.<br>Для косозубых зубчатых колес должно выполняться дополнительное условие<br>$W<\frac{b}{\sin\beta_b}$ ,<br>где $b$ — ширина венца.<br>При $\alpha=20°$ (включая исходные контуры по ГОСТ 13755—81 и ГОСТ 9587—70) упрощенный расчет $W$ приведен в табл. 2 приложения 1 |
| **Расчет толщины по хорде и высоты до хорды** | | |
| 6. Угол профиля в точке на концентрической окружности заданного диаметра $d_y$ | $\alpha_y$ | $\cos\alpha_y=\frac{d}{d_y}\cos\alpha_t$ |
| 7. Окружная толщина на заданном диаметре $d_y$ | $s_{ty}$ | $s_{ty}=d_y\left(\frac{\frac{\pi}{2}+2x\operatorname{tg}\alpha}{z}+\operatorname{inv}\alpha_t-\operatorname{inv}\alpha_y\right)$ |

*Продолжение табл. 3*

| Наименование параметра | Обозначение | Расчетные формулы и указания |
|---|---|---|
| 8. Угол наклона линии зуба соосной цилиндрической поверхности диаметра $d_y$ | $\beta_y$ | $\operatorname{tg}\beta_y = \frac{d_y}{d}\operatorname{tg}\beta$ |
| 9. Половина угловой толщины зуба эквивалентного зубчатого колеса, соответствующая концентрической окружности диаметра $\frac{d_y}{\cos^3\beta_y}$ | $\psi_{yv}$ | $\psi_{yv} \approx \frac{s_{ty}}{d_y}\cos^3\beta_y$ |
| 10. **Толщина по хорде** | $\overline{s}_y$ | $\overline{s}_y = d_y\frac{\sin\psi_{yv}}{\cos^3\beta_y}$ |
| 11. **Высота до хорды** | $\overline{h}_{ay}$ | $\overline{h}_{ay} = 0{,}5[d_a - d_y + \frac{d_y}{\cos^3\beta_y}(1-\cos\psi_{yv})]$ |
| **Расчет размера по роликам (шарикам)** | | |
| 12. **Диаметр ролика (шарика)** | $D$ | При $\alpha = 20°$ (включая исходные контуры по ГОСТ 13755—81 и ГОСТ 9587—70) рекомендуется принимать $D \approx 1{,}7\ m$ (для роликов допускается выбирать ближайшее значение по ГОСТ 2475—62) |
| 13. Угол профиля в точке на концентрической окружности зубчатого колеса, проходящей через центр ролика (шарика) | $\alpha_D$ | $\operatorname{inv}\alpha_D = \frac{D}{zm\cos\alpha} + \operatorname{inv}\alpha_t - \frac{\frac{\pi}{2} - 2x\operatorname{tg}\alpha}{z}$ |
| 14. Диаметр концентрической окружности зубчатого колеса, проходящей через центр ролика (шарика) | $d_D$ | $d_D = d\frac{\cos\alpha_t}{\cos\alpha_D}$<br>Должно выполняться условие<br>$\rho_M < \rho_a$<br>Здесь:<br>$\rho_M$ — радиус кривизны разноименных профилей зубьев в точках контакта поверхности ролика (шарика) с главными поверхностями зубьев<br>$\rho_M = 0{,}5\left(d_b\operatorname{tg}\alpha_D - \frac{D}{\cos\beta_b}\right)$,<br>где $d_b$ — по табл. 4, п. 1,<br>$\beta_b$ — по табл. 4, п. 11.<br>Если имеется притупление продольной кромки зуба, в неравенство вместо $\rho_a$ следует подставлять значение радиуса кривизны профиля зуба в точке притупления $\rho_k$<br>$\rho_k = 0{,}5d_k\sin\alpha_k$,<br>где $d_k$ и $\alpha_k$ — по табл. 4, п. 2.<br>При модификации головки в неравенство вместо $\rho_a$ следует подставлять значение $\rho_g$,<br>где $\rho_g$ — по табл. 4, п. 5 |

*Продолжение табл. 3*

| Наименование параметра | Обозначение | Расчетные формулы и указания | |
|---|---|---|---|
| 15. **Размер по роликам (шарикам)** прямозубых и косозубых зубчатых колес с четным числом зубьев (в торцовом сечении) | $M$ | $M = d_D + D$ | Должно выполняться условие $d_D + D > d_a$, $d_D - D > d_f$, |
| 16. **Размер по роликам (шарикам)** прямозубых зубчатых колес с нечетным числом зубьев (в торцовом сечении) | | $M = d_D \cos\frac{90^\circ}{z} + D$ | |
| 17. Минимальный размер по роликам (шарикам) косозубых зубчатых колес с нечетным числом зубьев, а также с четным числом зубьев при $\beta > 45^\circ$ | | $M = \frac{d_D}{2\operatorname{tg}\beta_D}\sqrt{\lambda^2 + 4\operatorname{tg}^2\beta_D \cos^2\left(\frac{90^\circ}{z} + \frac{\lambda}{2}\right)} + D$<br>где<br>$\operatorname{tg}\beta_D = \frac{\cos\alpha_t \operatorname{tg}\beta}{\cos\alpha_D}$<br>и $\lambda$ — корень уравнения<br>$\sin(\gamma + \lambda)\operatorname{tg}^2\beta_D - \lambda = 0$,<br>где $\gamma = 0$ — для зубчатых колес с четным числом зубьев;<br>$\gamma = \frac{180^\circ}{z}$ — для зубчатых колес с нечетным числом зубьев<br>Упрощенное определение $\lambda$ приведенов табл. 2 приложения 1<br>Минимальный размер по роликам (шарикам) косозубых зубчатых колес с четным числом зубьев при $\beta \leqslant 45^\circ$ совпадает с размером в торцовом сечении | Должно выполняться условие $d_D + \frac{D}{\cos\beta_D} > d_a$, $d_D - \frac{D}{\cos\beta_D} > d_f$ |
| | | **Расчет нормальной толщины** | |
| 18. **Нормальная толщина** | $s_n$ | $s_n = s_t\left(\frac{\pi}{2} + 2x\operatorname{tg}\alpha\right)m$ | |

Примечание. Выбор метода контроля настоящим стандартом не регламентируется.

Таблица 4

## Расчет размеров для контроля номинальной поверхности зуба

| Наименование параметра | | Обозначение | Расчетные формулы и указания |
|---|---|---|---|
| **Расчет размеров для контроля торцового профиля зуба** | | | |
| 1. **Основной диаметр** | | $d_b$ | $d_b = d \cos \alpha_t$ |
| 2. Угол профиля зуба в точке на окружности вершин | | $\alpha_a$ | $\cos \alpha_a = \frac{d_b}{d_a}$<br>Если имеется притупление продольной кромки зуба, то следует рассчитать угол профиля зуба в точке притупления $\alpha_k$. Для этого в формулу вместо $d_a$ следует подставлять диаметр окружности притупленных кромок $d_k$, принимаемый по конструктивным соображениям |
| 3. **Радиус кривизны активного профиля зуба в нижней точке** | шестерни | $\rho_{f1}$ | $\rho_{f1} = a_w \sin \alpha_{tw} - 0{,}5 d_{b2} \operatorname{tg} \alpha_{a2}$<br>Формула справедлива, если верхняя точка активного профиля сопряженного зубчатого колеса совпадает с точкой профиля на его окружности вершин.<br>Если имеется притупление продольной кромки зуба, то вместо $\alpha_{a1}$ и $\alpha_{a2}$ следует подставлять соответственно $\alpha_{k1}$ и $\alpha_{k2}$ |
| | колеса | $\rho_{f2}$ | $\rho_{f2} = a_w \sin \alpha_{tw} - 0{,}5 d_{b1} \operatorname{tg} \alpha_{a1}$ |
| 4. **Угол развернутости активного профиля зуба в нижней точке** | | $\nu_\rho$ | $\nu_\rho = \frac{2\rho_\rho}{d_b}$ |
| **Дополнительный расчет при модификации головки исходного контура** | | | |
| 5. **Радиус кривизны профиля зуба в начальной точке модификации головки** | | $\rho_g$ | $\rho_g = 0{,}5 d \sin \alpha_t + \frac{h_a^* - h_g^* + x}{\sin \alpha_t} \cdot m$ |
| 6. **Угол развернутости профиля зуба, соответствующий начальной точке модификации головки** | | $\nu_g$ | $\nu_g = \frac{2\rho_g}{d_b}$ |
| 7. Диаметр окружности модификации головок зубьев | | $d_g$ | $d_g = \sqrt{d_b^2 + 4\rho_g^2}$ |
| 8. Угол линии модификации головки торцового исходного контура в начальной точке модификации | | $\alpha_{tM}$ | $\operatorname{tg} \alpha_{tM} = \frac{\Delta^*}{h_g^* \cos \beta} + \operatorname{tg} \alpha_t$<br>Формулы справедливы, если линия модификации головки исходного контура — прямая |
| 9. Диаметр основной окружности эвольвенты, являющейся линией модификации головки зуба | | $d_{bM}$ | $d_{bM} = d \cos \alpha_{tM}$ |
| 10. **Нормальная глубина модификации торцового профиля головки зуба** | | $\Delta_{nt}$ | $\Delta_{nt} \approx \frac{d_b - d_{bM}}{2 d_{bM}} \left( \sqrt{d_a^2 - d_{bM}^2} - \sqrt{d_g^2 - d_{bM}^2} \right)$<br>Если имеется притупление продольной кромки зуба вместо $d_a$ следует подставлять $d_k$ |
| **Расчет размера для контроля контактной линии поверхности зуба** | | | |
| 11. **Основной угол наклона** | | $\beta_b$ | $\sin \beta_b = \sin \beta \cos \alpha$ |

Таблица 5

**Расчет размеров для контроля взаимного положения одноименных профилей зубьев**

| Наименование параметра | Обозначение | Расчетные формулы и указания |
|---|---|---|
| 1. **Шаг зацепления** | $p_\alpha$ | $p_\alpha = \pi m \cos\alpha$ |
| 2. **Осевой шаг** | $p_x$ | $p_x = \frac{\pi m}{\sin\beta}$ |
| 3. **Ход** | $p_z$ | $p_z = z p_x$ |

Таблица 6

**Проверка качества зацепления по геометрическим показателям**

| Наименование параметра | Обозначение | Расчетные формулы и указания |
|---|---|---|
| | | **Проверка отсутствия подрезания зуба** |
| 1. Коэффициент наименьшего смещения | $x_{min}$ | $x_{min} = h_l^* - h_a^* - \frac{z \sin^2\alpha_t}{2\cos\beta}$<br>**При $x \geqslant x_{min}$ подрезание зуба** исходной производящей рейкой отсутствует.<br>При $\alpha = 20°$ и $h_l^* - h_a^* = 1$ (включая исходный контур по ГОСТ 13755—81), упрощенный расчет $x_{min}$ приведен в табл. 3 приложения 1 |
| | | **Проверка отсутствия интерференции зубьев** |
| 2. Радиус кривизны в граничной точке профиля зуба | $\rho_l$ | $\rho_l = 0{,}5d \sin\alpha_t - \frac{h_l^* - h_a^* - x}{\sin\alpha_t} m$.<br>При $\rho_l \leqslant \rho_\rho$ интерференция зубьев отсутствует<br>Здесь $\rho_\rho$ — по табл. 4, п. 3.<br>При подрезании зуба $\rho_l < 0$ |
| | | **Проверка коэффициента перекрытия** |
| 3. Коэффициент торцового перекрытия | $\varepsilon_\alpha$ | $\varepsilon_\alpha = \frac{z_1 \operatorname{tg}\alpha_{a1} + z_2 \operatorname{tg}\alpha_{a2} - (z_1 + z_2)\operatorname{tg}\alpha_{tw}}{2\pi}$,<br>где $\alpha_{a1}$ и $\alpha_{a2}$ — по табл. 4, п. 2.<br>Формула справедлива, если отсутствует интерференция зубьев и верхняя точка активного профиля совпадает с точкой профиля на окружности вершин.<br>Если имеется притупление продольной кромки зуба, то вместо $\alpha_{a1}$ и $\alpha_{a2}$ следует соответственно подставлять $\alpha_{k1}$ и $\alpha_{k2}$, где $\alpha_{k1}$ и $\alpha_{k2}$ — по табл. 4, п. 2.<br>Для прямозубых передач рекомендуется $\varepsilon_\alpha \geqslant 1{,}2$.<br>Для косозубых передач рекомендуется $\varepsilon_\alpha \geqslant 1{,}0$.<br>При $\alpha = 20°$ и $h_a^* = 1$ (включая исходные контуры по ГОСТ 13755—81 и ГОСТ 9587—70), упрощенный расчет $\varepsilon_\alpha$ передачи без смещения приведен в табл. 3 приложения 1 |
| 4. Коэффициент осевого перекрытия | $\varepsilon_\beta$ | $\varepsilon_\beta = \frac{b_w}{p_x}$,<br>где $b_w$ — рабочая ширина венца,<br>$p_x$ — по табл. 5, п. 2.<br>Рекомендуется $\varepsilon_\beta \geqslant 1{,}0$ |

*Продолжение табл. 6*

| Наименование параметра | Обозначение | Расчетные формулы и указания |
|---|---|---|
| 5. Коэффициент перекрытия | $\varepsilon_\gamma$ | $\varepsilon_\gamma = \varepsilon_\alpha + \varepsilon_\beta$ |
| **Дополнительный расчет при модификации головки исходного контура** | | |
| 6. Угол профиля зуба в начальной точке модификации головки | $\alpha_g$ | $\cos\alpha_g = \frac{d_b}{d_g}$, где $d_b$ и $d_g$ — по табл. 4, пп. 1 и 7. |
| 7. Часть коэффициента торцового перекрытия, определяемая участками торцовых профилей зубьев, совпадающими с главными профилями | $\varepsilon_{\alpha M}$ | $\varepsilon_{\alpha M} = \frac{z_1 \operatorname{tg}\alpha_{g1} + z_2 \operatorname{tg}\alpha_{g2} - (z_1 + z_2)\operatorname{tg}\alpha_{tw}}{2\pi}$<br>При исходном контуре по ГОСТ 13755—81 в нем приведены допустимые значения $\varepsilon_{\alpha M}$ |
| **Проверка нормальной толщины на поверхности вершин** | | |
| 8. Угол наклона линии вершины зуба | $\beta_a$ | $\operatorname{tg}\beta_a = \frac{d_a}{d}\operatorname{tg}\beta$ |
| 9. Нормальная толщина на поверхности вершин | $s_{na}$ | $s_{na} = d_a\left(\frac{\frac{\pi}{2} + 2x\operatorname{tg}\alpha}{z} + \operatorname{inv}\alpha_t - \operatorname{inv}\alpha_a\right)\cos\beta_a$.<br>Рекомендуется $s_{na} \geqslant 0{,}3m$ при однородной структуре материала зубьев и $s_{na} \geqslant 0{,}4m$ при поверхностном упрочнении зубьев.<br>При $\alpha = 20°$ и $h_a^* = 1$ (включая исходные контуры по ГОСТ 13755—81 и ГОСТ 9587—70), если притупление продольных кромок не учитывается, упрощенный расчет $s_{na}$ приведен в табл. 3 приложения 1 |

Примечания:

1. При $\alpha = 20°$ и $h_a^* = 1$ (включая исходные контуры по ГОСТ 13755—81 и ГОСТ 9587—70) проверки коэффициента торцового перекрытия и нормальной толщины на поверхности вершин производятся по приложению 3. По этому же приложению при $\alpha = 20°$ и $h_f^* - h_a^* = 1$ (включая исходный контур по ГОСТ 13755—81) производится проверка отсутствия интерференции зубьев и проверка отсутствия подрезания зуба.

2. Дополнительные указания, относящиеся к проверкам отсутствия подрезания зуба и интерференции зубьев зубчатых колес, окончательно обрабатываемых только зуборезным долбяком, приведены в приложении 4.

*ПРИЛОЖЕНИЕ 1*
*Рекомендуемое*

## УПРОЩЕННЫЙ РАСЧЕТ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Таблица 1

### Расчет некоторых основных геометрических параметров

| Наименование параметра | Обозначение | Расчетные формулы и указания |
|---|---|---|
| **Расчет коэффициента суммы смещений $x_\Sigma$ при заданном межосевом расстоянии $a_w$** | | |
| 1. Коэффициент воспринимаемого смещения | $y$ | $y = \frac{a_w}{m} - \frac{z_1+z_2}{2\cos\beta}$ |
| 2. Вспомогательная величина | $A$ | $A = \frac{1000\, y \cos\beta}{z_1+z_2}$ |
| | $Б$ | Определяется по номограмме на черт. 1 |
| | $\mu$ | Определяется по графику на черт. 2<br>Если $\beta=0$, то $\mu=0$ |
| 3. Коэффициент уравнительного смещения | $\Delta y$ | $\Delta y = \left(\frac{Б}{1000} - \mu\right)\frac{z_1+z_2}{\cos\beta}$ |
| 4. Коэффициент суммы смещений | $x_\Sigma$ | $x_\Sigma = y + \Delta y$ |
| **Расчет межосевого расстояния $a_w$ при заданных коэффициентах смещения $x_1$ и $x_2$** | | |
| 5. Коэффициент суммы смещений | $x_\Sigma$ | $x_\Sigma = x_1+x_2$ |
| 6. Вспомогательная величина | $B$ | $B = \frac{1000 x_\Sigma \cos\beta}{z_1+z_2}$ |
| | $Г$ | Определяется по номограмме на черт. 3 |
| | $\nu$ | Определяется по графику на черт. 4<br>Если $\beta=0$, то $\nu=0$ |
| 7. Коэффициент уравнительного смещения | $\Delta y$ | $\Delta y = \left(\frac{Г}{1000} - \nu\right)\frac{z_1+z_2}{\cos\beta}$ |
| 8. Коэффициент воспринимаемого смещения | $y$ | $y = x_\Sigma - \Delta y$ |
| 9. Межосевое расстояние | $a_w$ | $a_w = \left(\frac{z_1+z_2}{2\cos\beta} + y\right) m$ |
| **Расчет угла зацепления прямозубой передачи $\alpha_w$ и угла профиля $\alpha_t$** | | |
| 10. Вспомогательная величина | $B$ | $B = \frac{1000 x_\Sigma}{z_1+z_2}$ |
| 11. Угол зацепления прямозубой передачи | $\alpha_w$ | Определяется по номограмме на черт. 5 |
| 12. Угол профиля | $\alpha_t$ | Определяется по номограмме на черт. 6<br>Если $\beta=0$, то $\alpha_t=\alpha$ |

Таблица 2

## Расчет некоторых размеров для контроля взаимного положения разноименных профилей

| Наименование параметра | Обозначение | Расчетные формулы и указания |
|---|---|---|
| **Расчет постоянной хорды и высоты до постоянной хорды** | | |
| 1. Постоянная хорда, выраженная в долях модуля | $\overline{s}_c^*$ | Определяется по табл. 4 |
| 2. Постоянная хорда | $\overline{s}_c$ | $\overline{s}_c = \overline{s}_c^* m$<br>Если значения $\overline{s}_c^*$ находятся в пределах, определяемых по табл. 4 при $h_l^* - h_a^* \geqslant 1$ (включая исходные контуры по ГОСТ 13755—81 и ГОСТ 9587—70), проверку условия $\rho_s > \rho_p$ производить не требуется.<br>Здесь:<br>$\rho_s$ — по табл. 3, п. 1 настоящего стандарта,<br>$\rho_p$ — по табл. 4, п. 3 настоящего стандарта.<br>При исходном контуре по ГОСТ 13755—81 с модификацией головки $h_g^* = 0{,}45$ и $x > 0$ проверку условия $\rho_s > \rho_g$ производить не требуется.<br>Здесь $\rho_g$ — по табл. 4, п. 5 настоящего стандарта |
| 3. Расстояние постоянной хорды от делительной окружности, выраженное в долях модуля | $\overline{h}_\Delta^*$ | Определяется по табл. 4. |
| 4. Высота до постоянной хорды | $\overline{h}_c$ | $\overline{h}_c = 0{,}5(d_a - d) - \overline{h}_\Delta^* m$ |
| **Расчет длины общей нормали** | | |
| 5. Условное число зубьев | $z_K$ | $z_K = Kz$<br>Здесь $K$ определяется по табл. 5.<br>Если $\beta = 0$, то $z_K = z$ |
| 6. Часть длины общей нормали, определяемая целой частью $z_T$ величины $z_K$, выраженная в долях модуля | $W_T^*$ | Определяется по табл. 6.<br>Если $\beta = 0$, то $z_T = z$ |
| 7. Часть длины общей нормали, определяемая дробной частью величины $z_K$, выраженная в долях модуля | $W_n^*$ | $W_n^* = 0{,}0140\,(z_K - z_T)$<br>Если $\beta = 0$, то $W_n^* = 0$ |
| 8. Часть длины общей нормали, определяемая смещением исходного контура, выраженная в долях модуля | $W_x^*$ | $W_x^* = 0{,}6840x$ |
| 9. Длина общей нормали | $W$ | $W = (W_T^* + W_n^* + W_x^*)\,m$<br>Если значения $W_T^*$ находятся в пределах, определяемых табл. 6 при $h_a^* = 1, h_l^* - h_a^* \geqslant 1$ (включая исходные контуры по ГОСТ 13755—81 и ГОСТ 9587—70) и значении $d_a$ рассчитанном по формулам, приведенным в табл. 2 п. 15 настоящего стандарта, проверку условия $\rho_p < \rho_W < \rho_a$ производить не требуется.<br>Здесь:<br>$\rho_p$ — по табл. 4, п. 3 настоящего стандарта,<br>$\rho_W$ и $\rho_a$ — по табл. 3, п. 5 настоящего стандарта. |

*Продолжение табл. 2*

| Наименование параметра | Обозначение | Расчетные формулы и указания |
|---|---|---|
| 9. **Длина общей нормали** | $W$ | При исходном контуре по ГОСТ 13755—81 с модификацией головки $h_g^* = 0{,}45$ проверку условия $\rho_W < \rho_g$ производить не требуется. Здесь $\rho_g$ — по табл. 4, п. 5 настоящего стандарта.<br>Для косозубых зубчатых колес должно выполняться дополнительное условие<br>$W < \frac{b}{\sin \beta_b}$,<br>где $b$ — ширина венца,<br>$\beta_b$ — по табл. 4, п. 11 настоящего стандарта. |
| **Расчет вспомогательной величины $\lambda$ для вычисления размера по роликам косозубых зубчатых колес с нечетным числом зубьев** | | |
| 10. Вспомогательная величина | $\lambda$ | Определяется по графику на черт. 7. |

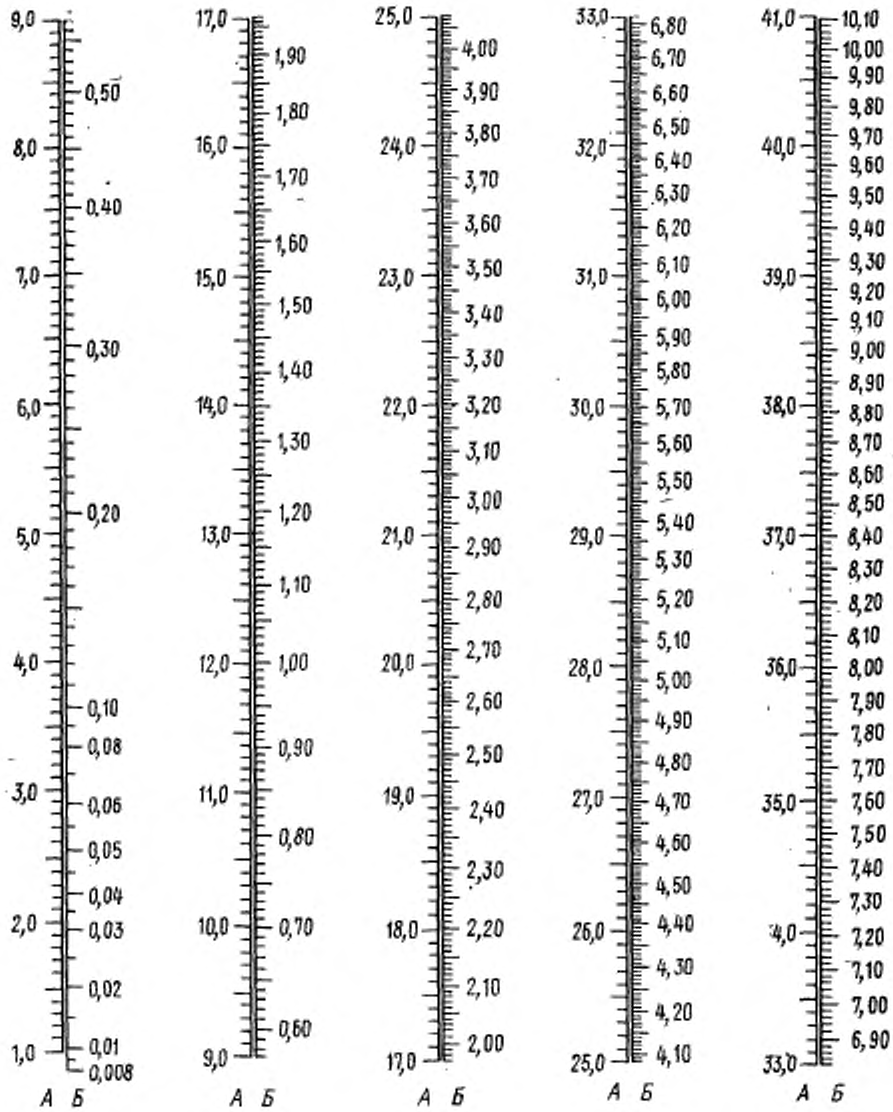
**Таблица 3**

**Расчет некоторых геометрических показателей, определяющих качество зацепления**

| Наименование параметра | | Обозначение | Расчетные формулы и указания |
|---|---|---|---|
| **Расчет коэффициента наименьшего смещения** | | | |
| 1. Коэффициент наименьшего смещения | | $x_{min}$ | Определяется по графику на черт. 8. |
| **Расчет коэффициента торцового перекрытия передачи без смещения** | | | |
| 2. **Составляющая коэффициента перекрытия передачи без смещения, определяемая начальными головками зубьев** | шестерни | $\varepsilon_{a1}$ | Определяется по графику на черт. 9, если значения $d_{a1}$ и $d_{a2}$ рассчитаны по формулам, приведенным в табл. 2, п. 15 настоящего стандарта и притупление продольных кромок зубьев не учитывается |
| | колеса | $\varepsilon_{a2}$ | |
| 3. Коэффициент торцового перекрытия передачи без смещения | | $\varepsilon_\alpha$ | $\varepsilon_\alpha = \varepsilon_{a1} + \varepsilon_{a2}$ |
| **Расчет нормальной толщины на поверхности вершин** | | | |
| 4. Эквивалентное число зубьев | | $z_v$ | $z_v = \frac{z}{\cos^3 \beta}$<br>(округляется до ближайшего целого числа)<br>Если $\beta = 0$, то $z_v = z$ |
| 5. Окружная толщина зуба на окружности вершин эквивалентного зубчатого колеса, выраженная в долях модуля | | $s_{av}^*$ | Определяется по номограмме на черт. 10 |
| 6. Нормальная толщина на поверхности вершин | | $s_{na}^*$ | $s_{na} \approx s_{av}^* m$ |

**Номограмма для определения вспомогательной величины $Б$ при заданном межосевом расстоянии $a_w$ ($\alpha = 20°$, $a_w > a$)**

$$Б = 500\,\frac{\text{inv}\,\gamma - \text{inv}\,\alpha}{\text{tg}\,\alpha} - A, \text{ где } \cos\gamma = \frac{500\cos\alpha}{A + 500}$$




Черт. 1

**Пример.** Дано: $z_1 = 9$, $z_2 = 26$, $m = 6$ мм, $\beta = 22°$, $a_w = 118$ мм.

Расчет:

$$y = \frac{a_w}{m} - \frac{z_1 + z_2}{2\cos\beta} = \frac{118}{6} - \frac{9+26}{2 \cdot 0{,}927} = 0{,}792$$

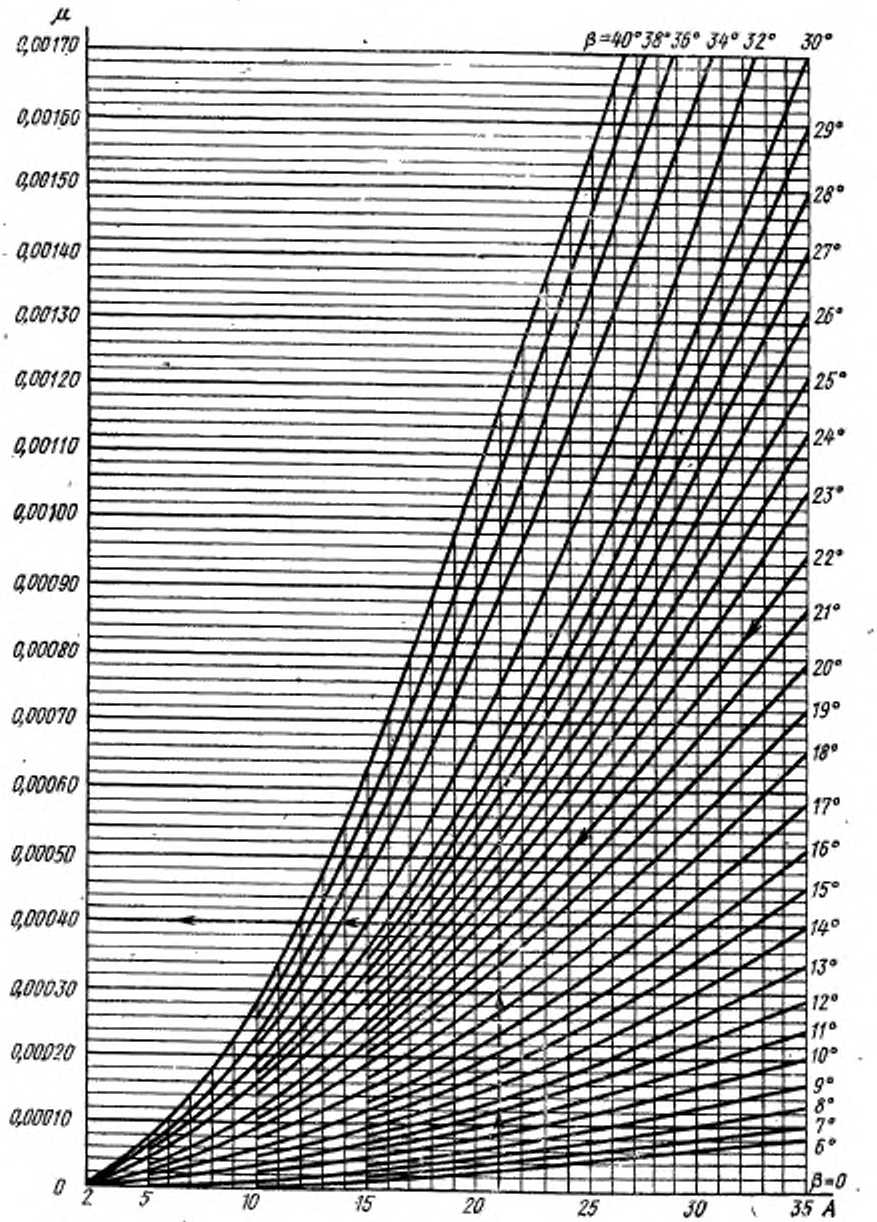
$$A = \frac{1000y\cos\beta}{z_1 + z_2} = \frac{1000 \cdot 0{,}792 \cdot 0{,}927}{35} = 20{,}97$$

По номограмме определяем $Б = 2{,}92$.

**График для определения вспомогательной величины μ в зависимости от $A$ и β ($\alpha=20°$)**

$$\mu = \frac{\text{inv}\,\alpha_w - \text{inv}\,\alpha}{2\,\text{tg}\,\alpha} - \frac{\text{inv}\,\alpha_{tw} - \text{inv}\,\alpha_t}{2\,\text{tg}\,\alpha_t},$$

где $\cos\alpha_w = \dfrac{\cos\alpha}{1+\dfrac{A}{500}}$; $\cos\alpha_{tw} = \dfrac{\cos\alpha_t}{1+\dfrac{A}{500}}$

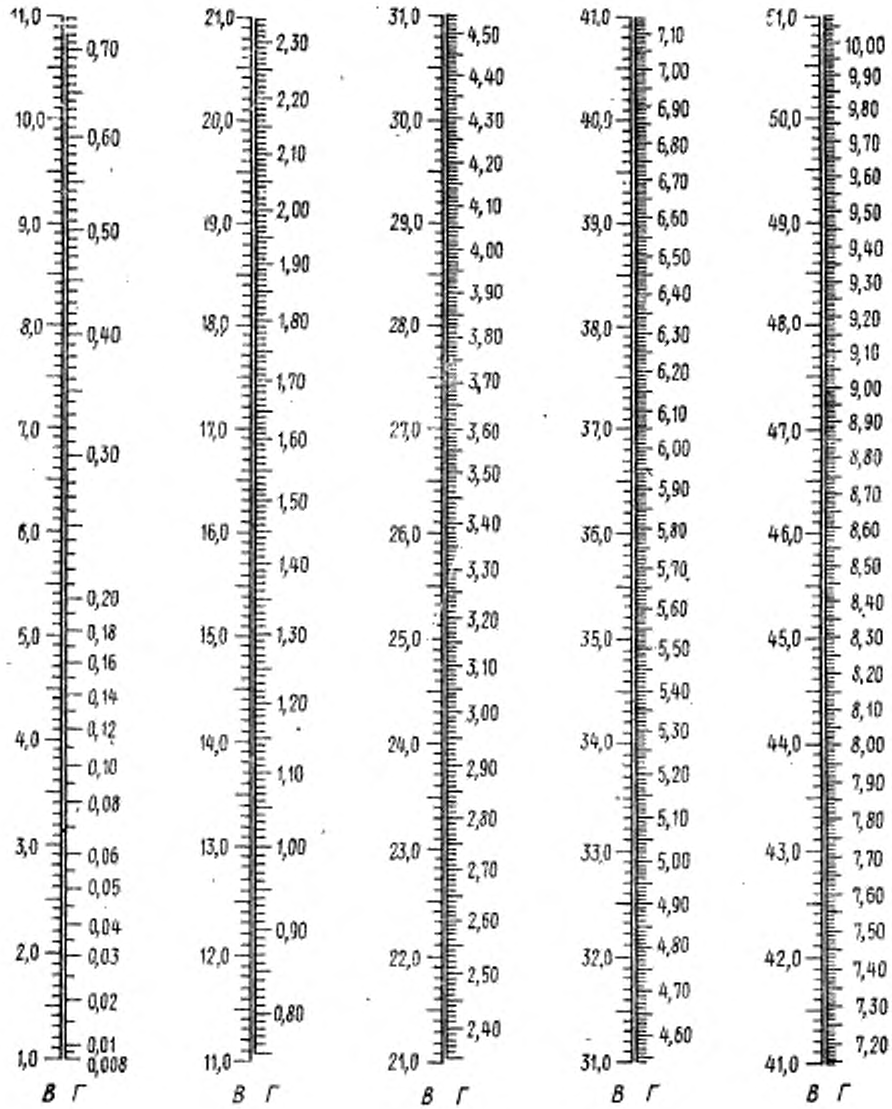



Черт. 2

**Пример.** Дано: $A=20{,}97$, $\beta=22°$.
По графику определяем $\mu=0{,}00040$ (см. пунктир)

**Номограмма для определения вспомогательной величины $\Gamma$ при заданном коэффициенте суммы смещений $x_\Sigma$ ($\alpha=20°$, $x_\Sigma>0$)**

$$\Gamma = B - 500\left(\frac{\cos\alpha}{\cos\gamma} - 1\right), \text{ где } \operatorname{inv}\gamma = B\frac{\operatorname{tg}\alpha}{500} + \operatorname{inv}\alpha$$




Черт. 3

**Пример.** Дано: $z_1=9$; $z_2=26$; $m=6$ мм; $\beta=22°$; $x_1=0{,}587$; $x_2=0{,}300$.

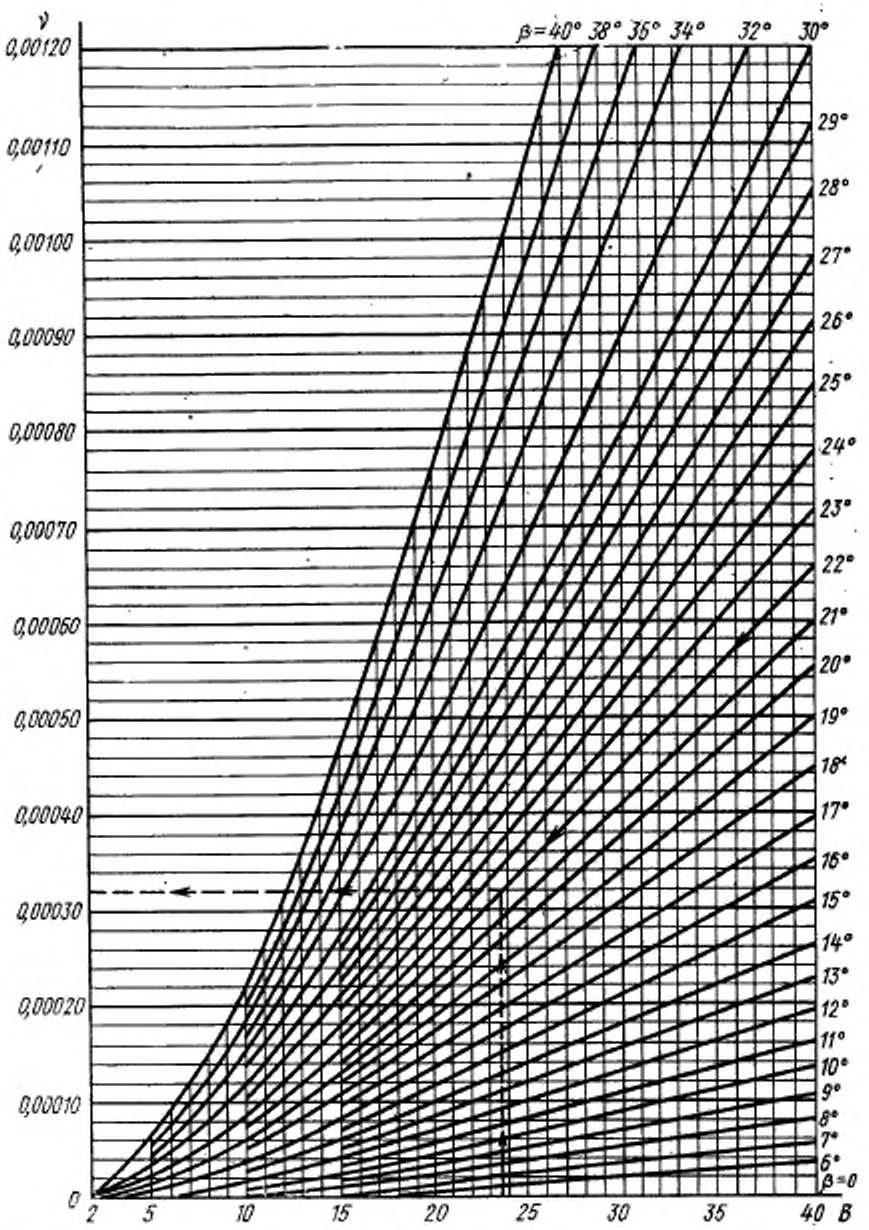
Расчет: $B = \dfrac{1000x_\Sigma\cos\beta}{z_1+z_2} = \dfrac{1000\cdot 0{,}887\cdot 0{,}927}{35} = 23{,}49$

По номограмме определяем $\Gamma=2{,}83$.

**График для определения вспомогательной величины $\nu$ в зависимости от $B$ и $\beta$ ($\alpha=20°$)**

$$x = 0{,}5\left(\frac{\cos\alpha_t}{\cos\alpha_{tw}} - \frac{\cos\alpha}{\cos\alpha_w}\right), \quad \text{где } \operatorname{inv}\alpha_{tw} = B\frac{\operatorname{tg}\alpha_t}{500} + \operatorname{inv}\alpha_t;$$

$$\operatorname{inv}\alpha_w = B\frac{\operatorname{tg}\alpha}{500} + \operatorname{inv}\alpha$$

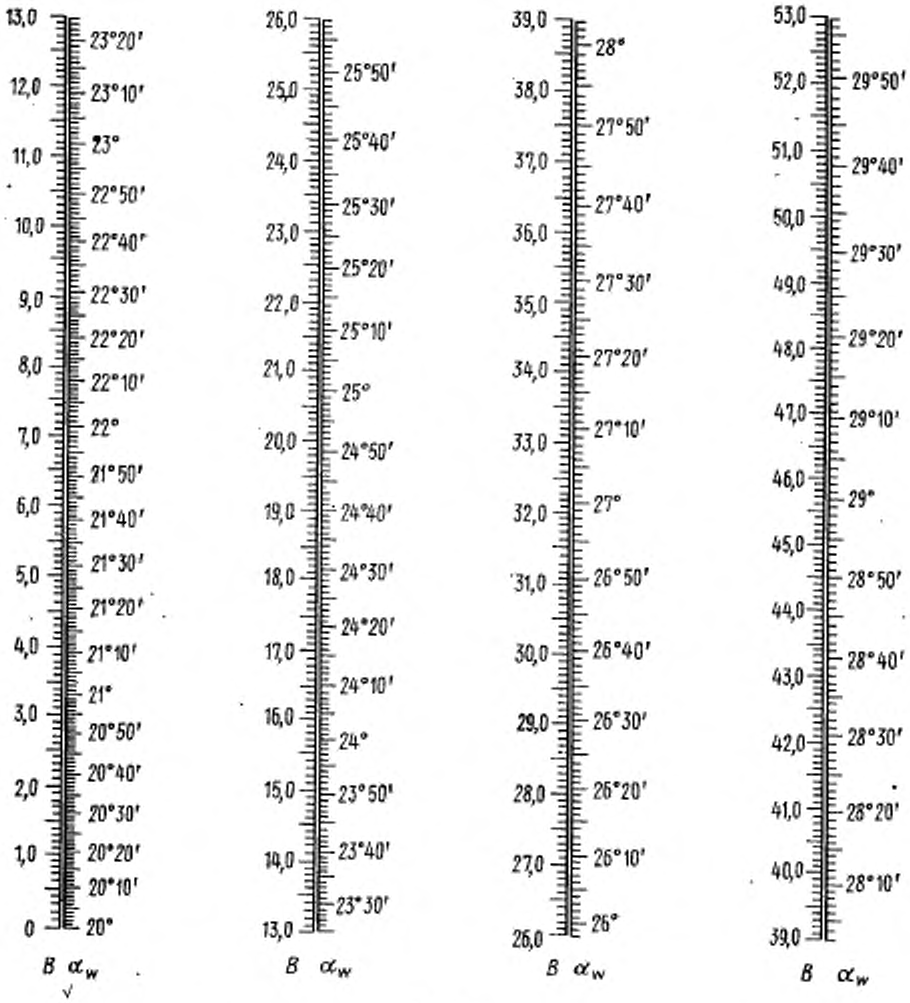



Черт. 4

**Пример.** Дано: $B=23,49$, $\beta=22°$.
По графику определяем $\nu=0{,}00032$ (см. пунктир).

**Номограмма для определения величины $\alpha_w$ в зависимости от $x_\Sigma$ и $z_1+z_2$ ($\alpha=20°$, $x_\Sigma>0$)**

$$\text{inv}\,\alpha_w = B\,\frac{\text{tg}\,\alpha}{500} + \text{inv}\,\alpha$$




Черт. 5

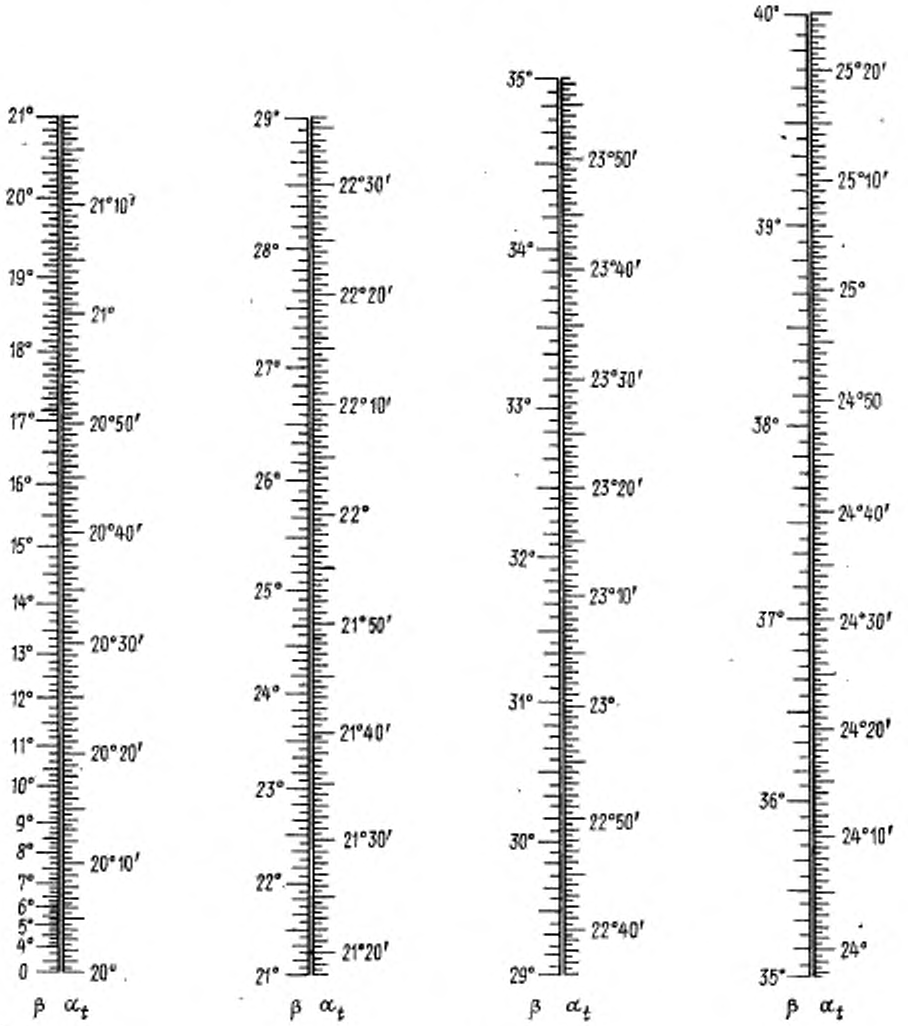
**Пример.** Дано: $z_1+z_2=50$, $x_\Sigma=1{,}154$.

Расчет:

$$B=\frac{1000x_\Sigma}{z_1+z_2}=\frac{1000\cdot 1{,}154}{50}=23{,}08.$$

По номограмме определяем $\alpha_w=25°27'$.

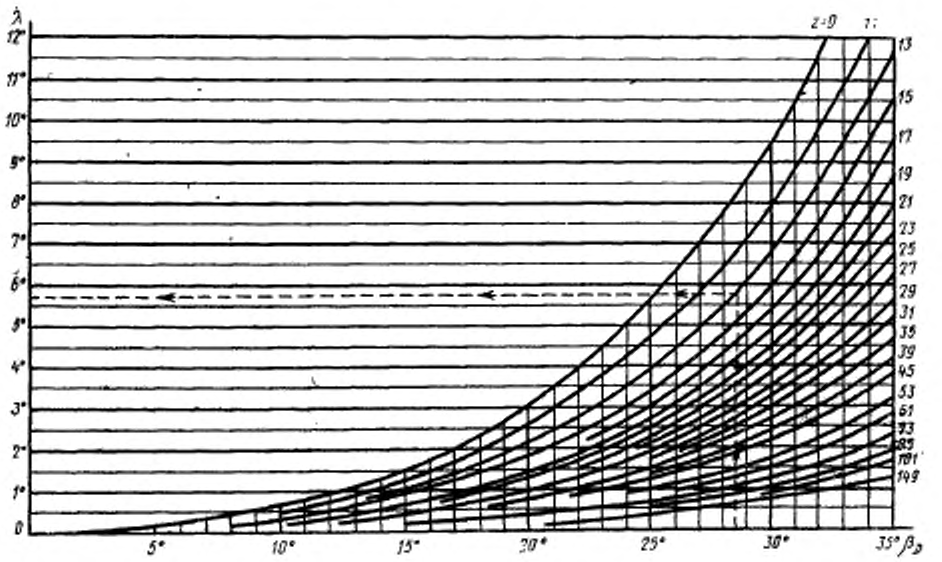
**Номограмма для определения величины $\alpha_t$ в зависимости от $\beta$ ($\alpha=20°$)**




Черт. 6

**Пример.** Дано: $\beta=22°$.
По номограмме определяем $\alpha_t=21°26'$.

График для определения величины $\lambda$ в зависимости от $z$ и $\beta$.




Черт. 7

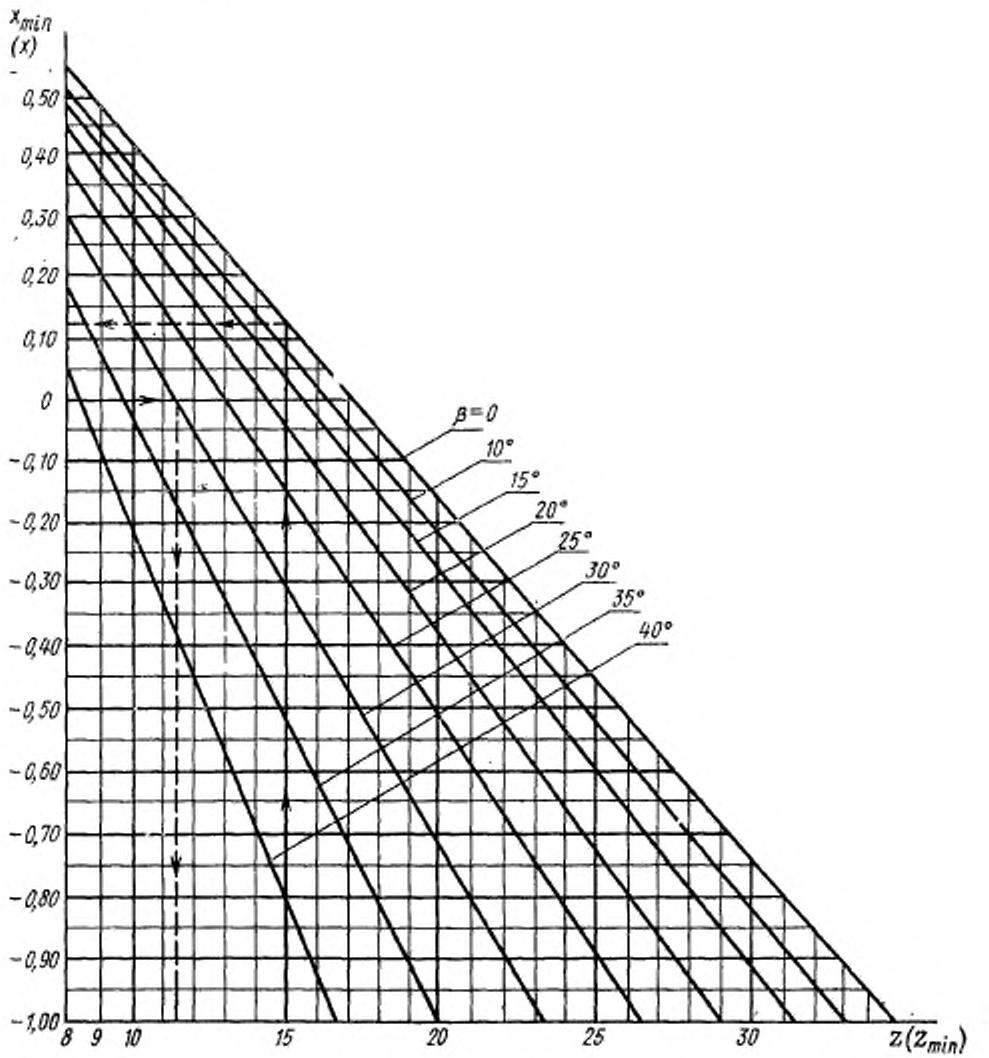
**Пример.** Дано: $z=13$, $\beta_D=28°40'$.

По графику определяем $\lambda=5°45'$ (см. пунктир).

**График для определения величины $x_{min}$ в зависимости от $z$ и $\beta$ или $z_{min}$ — от $x$ и $\beta$ ($\alpha$—20°, $h_l^*$—$h_a^*$=1)**

$$x_{min} = h_l^* - h_a^* - \frac{z \sin^2 \alpha_t}{2 \cos \beta}$$

$$z_{min} = \frac{2(h_l^* - h_a^* - x)\cos \beta}{\sin^2 \alpha_t}$$ (округляется до ближайшего большего целого числа)



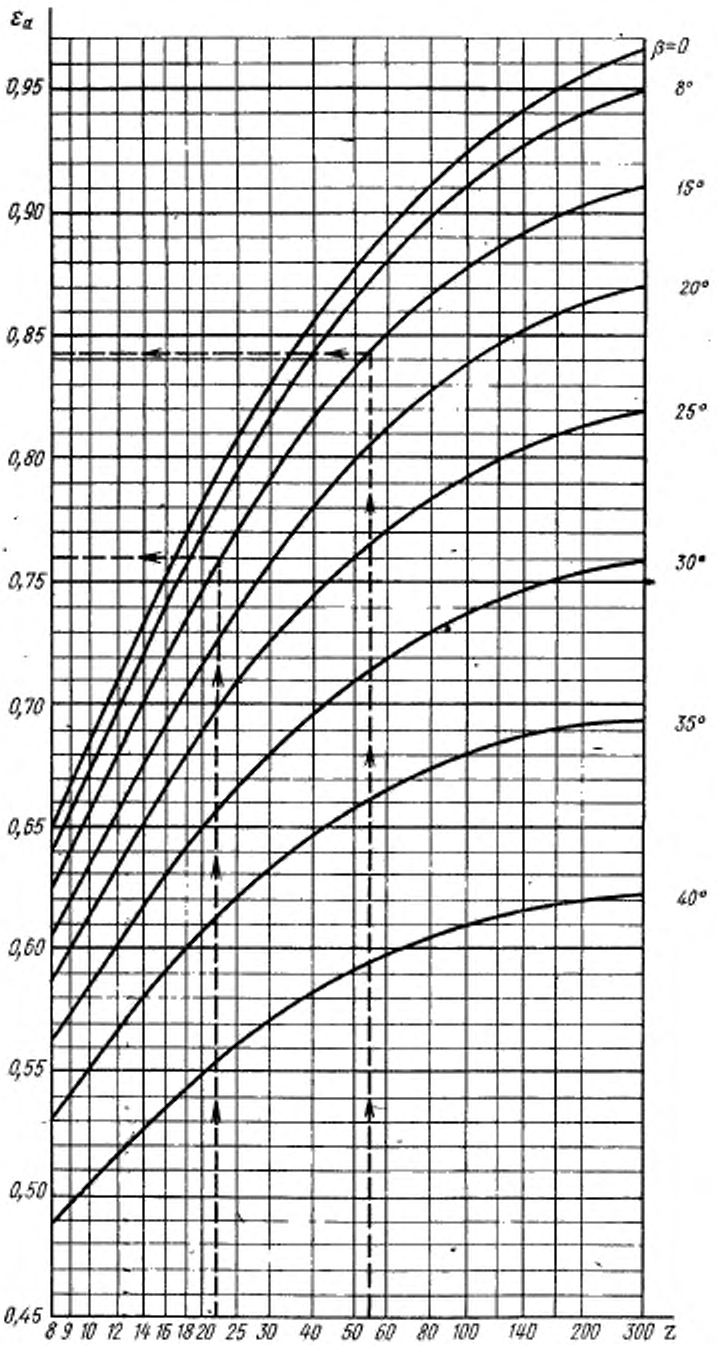

**Черт. 8**

**Примеры.**

1. Дано: $z$=15, $\beta$=0.
   По графику определяем $x_{min}$=0,12 (см. пунктир).
2. Дано: $x$=0, $\beta$=30°.
   По графику определяем наименьшее число зубьев $z_{min}$=0,12 (см. пунктир).

**График для определения величины $\varepsilon_{\alpha 1}$ и $\varepsilon_{\alpha 2}$ передачи без смещения в зависимости от $z$ и $\beta$ ($\alpha = 20°$, $h_a^* = 1$)**

$$\varepsilon_\alpha = \frac{z}{2\pi}(\operatorname{tg}\alpha_a - \operatorname{tg}\alpha_{tw})$$

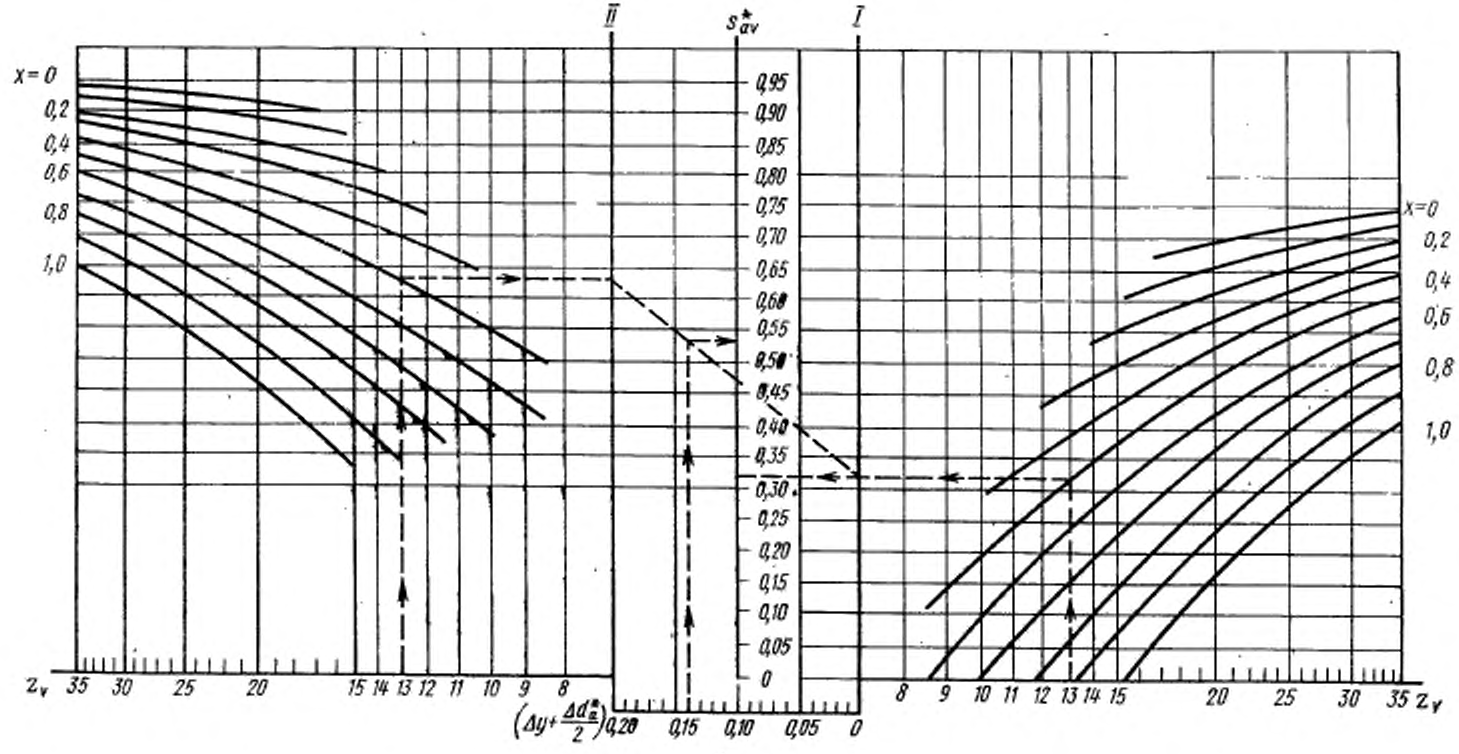



Черт. 9

**Пример.** Дано: $z_1 = 22$, $z_2 = 55$, $\beta = 15°$.

По графику при $z_1$ и $\beta$ определяем $\varepsilon_{\alpha 1} = 0{,}76$ (см. пунктир), при $z_2$ и $\beta$ определяем $\varepsilon_{\alpha 2} = 0{,}84$ (см. пунктир).

**Номограмма для определения окружной толщины зуба на окружности вершин эквивалентного зубчатого колеса, выраженной в долях модуля $s^*_{av}$ ($\alpha=20°$, $h^*_a=1$)**




Черт. 10

$\Delta d^*_a$ — величина изменения диаметра вершин, рассчитанного по формуле, приведенной в табл. 2, п. 15 настоящего стандарта, выраженная в долях модуля (при уменьшении $d_a$ эта величина положительная, при увеличении — отрицательная).

**Примеры.**

1. Дано: $z_v=13$; $x=0{,}5$; $(\Delta_y+\frac{\Delta d^*_a}{2})=0{,}14$. На правой и левой частях номограммы по значениям $z_v=13$ и $x=0{,}5$ находим точки на осях I и II соединяем их прямой и по значениям $(\Delta_y+\frac{\Delta d^*_a}{2})=0{,}14$ получаем величину $s^*_{av}=0{,}54$ (см. пунктир).

2. Дано: $z_v=13$; $x=0{,}5$; $(\Delta_y+\frac{\Delta d^*_a}{2})=0$. Пользуясь правой частью номограммы и продолжая пунктир за ось *I*, получаем величину $s^*_{av}=0{,}32$ (см. пунктир).

Таблица 4

**Значения постоянной хорды $\bar{s}_c^*$ и расстояния ее от делительной окружности $\bar{h}_\Delta^*$, выраженные в долях модуля ($\alpha = 20°$)**

$$\bar{s}_c^* = \frac{\pi}{2}\cos^2\alpha + x\sin 2\alpha$$

$$\bar{h}_\Delta^* = 0{,}5\ \bar{s}_c^*\ \mathrm{tg}\,\alpha$$

| $x$ | $\bar{s}_c^*$ | $\bar{h}_\Delta^*$ | $x$ | $\bar{s}_c^*$ | $\bar{h}_\Delta^*$ | $x$ | $\bar{s}_c^*$ | $\bar{h}_\Delta^*$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| −0,50 | 1,0657 | 0,1940 | 0,00 | 1,3870 | 0,2524 | 0,50 | 1,7084 | 0,3109 |
| −0,49 | 1,0721 | 0,1951 | 0,01 | 1,3935 | 0,2536 | 0,51 | 1,7149 | 0,3121 |
| −0,48 | 1,0785 | 0,1963 | 0,02 | 1,3999 | 0,2548 | 0,52 | 1,7213 | 0,3132 |
| −0,47 | 1,0850 | 0,1975 | 0,03 | 1,4063 | 0,2559 | 0,53 | 1,7277 | 0,3144 |
| −0,46 | 1,0914 | 0,1986 | 0,04 | 1,4128 | 0,2571 | 0,54 | 1,7341 | 0,3156 |
| −0,45 | 1,0978 | 0,1998 | 0,05 | 1,4192 | 0,2583 | 0,55 | 1,7406 | 0,3168 |
| −0,44 | 1,1042 | 0,2010 | 0,06 | 1,4256 | 0,2594 | 0,56 | 1,7470 | 0,3179 |
| −0,43 | 1,1107 | 0,2021 | 0,07 | 1,4320 | 0,2606 | 0,57 | 1,7534 | 0,3191 |
| −0,42 | 1,1171 | 0,2033 | 0,08 | 1,4385 | 0,2618 | 0,58 | 1,7599 | 0,3203 |
| −0,41 | 1,1235 | 0,2045 | 0,09 | 1,4449 | 0,2630 | 0,59 | 1,7663 | 0,3214 |
| −0,40 | 1,1299 | 0,2057 | 0,10 | 1,4513 | 0,2641 | 0,60 | 1,7727 | 0,3226 |
| −0,39 | 1,1364 | 0,2068 | 0,11 | 1,4578 | 0,2653 | 0,61 | 1,7791 | 0,3238 |
| −0,38 | 1,1428 | 0,2080 | 0,12 | 1,4642 | 0,2665 | 0,62 | 1,7856 | 0,3249 |
| −0,37 | 1,1492 | 0,2092 | 0,13 | 1,4706 | 0,2676 | 0,63 | 1,7920 | 0,3261 |
| −0,36 | 1,1557 | 0,2103 | 0,14 | 1,4770 | 0,2688 | 0,64 | 1,7984 | 0,3273 |
| −0,35 | 1,1621 | 0,2115 | 0,15 | 1,4835 | 0,2700 | 0,65 | 1,8049 | 0,3284 |
| −0,34 | 1,1685 | 0,2127 | 0,16 | 1,4899 | 0,2711 | 0,66 | 1,8113 | 0,3296 |
| −0,33 | 1,1749 | 0,2138 | 0,17 | 1,4963 | 0,2723 | 0,67 | 1,8177 | 0,3308 |
| −0,32 | 1,1814 | 0,2150 | 0,18 | 1,5028 | 0,2735 | 0,68 | 1,8241 | 0,3319 |
| −0,31 | 1,1878 | 0,2162 | 0,19 | 1,5092 | 0,2747 | 0,69 | 1,8306 | 0,3331 |
| −0,30 | 1,1942 | 0,2174 | 0,20 | 1,5156 | 0,2758 | 0,70 | 1,8370 | 0,3343 |
| −0,29 | 1,2007 | 0,2185 | 0,21 | 1,5220 | 0,2770 | 0,71 | 1,8434 | 0,3355 |
| −0,28 | 1,2071 | 0,2197 | 0,22 | 1,5285 | 0,2782 | 0,72 | 1,8498 | 0,3366 |
| −0,27 | 1,2135 | 0,2209 | 0,23 | 1,5349 | 0,2793 | 0,73 | 1,8563 | 0,3378 |
| −0,26 | 1,2199 | 0,2220 | 0,24 | 1,5413 | 0,2805 | 0,74 | 1,8627 | 0,3390 |
| −0,25 | 1,2264 | 0,2232 | 0,25 | 1,5477 | 0,2817 | 0,75 | 1,8691 | 0,3401 |
| −0,24 | 1,2328 | 0,2244 | 0,26 | 1,5542 | 0,2828 | 0,76 | 1,8756 | 0,3413 |
| −0,23 | 1,2392 | 0,2255 | 0,27 | 1,5606 | 0,2840 | 0,77 | 1,8820 | 0,3425 |
| −0,22 | 1,2457 | 0,2267 | 0,28 | 1,5670 | 0,2852 | 0,78 | 1,8884 | 0,3436 |
| −0,21 | 1,2521 | 0,2279 | 0,29 | 1,5735 | 0,2864 | 0,79 | 1,8948 | 0,3448 |
| −0,20 | 1,2585 | 0,2291 | 0,30 | 1,5799 | 0,2875 | 0,80 | 1,9013 | 0,3460 |
| −0,19 | 1,2649 | 0,2302 | 0,31 | 1,5863 | 0,2887 | 0,81 | 1,9077 | 0,3472 |
| −0,18 | 1,2714 | 0,2314 | 0,32 | 1,5927 | 0,2899 | 0,82 | 1,9141 | 0,3483 |
| −0,17 | 1,2778 | 0,2326 | 0,33 | 1,5992 | 0,2910 | 0,83 | 1,9206 | 0,3495 |
| −0,16 | 1,2842 | 0,2337 | 0,34 | 1,6056 | 0,2922 | 0,84 | 1,9270 | 0,3507 |
| −0,15 | 1,2906 | 0,2349 | 0,35 | 1,6120 | 0,2934 | 0,85 | 1,9334 | 0,3518 |
| −0,14 | 1,2971 | 0,2361 | 0,36 | 1,6185 | 0,2945 | 0,86 | 1,9398 | 0,3530 |
| −0,13 | 1,3035 | 0,2372 | 0,37 | 1,6249 | 0,2957 | 0,87 | 1,9463 | 0,3542 |
| −0,12 | 1,3099 | 0,2384 | 0,38 | 1,6313 | 0,2969 | 0,88 | 1,9527 | 0,3554 |
| −0,11 | 1,3164 | 0,2396 | 0,39 | 1,6377 | 0,2981 | 0,89 | 1,9591 | 0,3565 |
| −0,10 | 1,3228 | 0,2408 | 0,40 | 1,6442 | 0,2992 | 0,90 | 1,9655 | 0,3577 |
| −0,09 | 1,3292 | 0,2419 | 0,41 | 1,6506 | 0,3004 | 0,91 | 1,9720 | 0,3589 |
| −0,08 | 1,3356 | 0,2431 | 0,42 | 1,6570 | 0,3016 | 0,92 | 1,9784 | 0,3600 |
| −0,07 | 1,3421 | 0,2443 | 0,43 | 1,6635 | 0,3027 | 0,93 | 1,9848 | 0,3612 |
| −0,06 | 1,3485 | 0,2454 | 0,44 | 1,6699 | 0,3039 | 0,94 | 1,9913 | 0,3624 |
| −0,05 | 1,3549 | 0,2466 | 0,45 | 1,6763 | 0,3051 | 0,95 | 1,9977 | 0,3635 |
| −0,04 | 1,3614 | 0,2478 | 0,46 | 1,6827 | 0,3062 | 0,96 | 2,0041 | 0,3647 |
| −0,03 | 1,3678 | 0,2490 | 0,47 | 1,6892 | 0,3074 | 0,97 | 2,0105 | 0,3659 |
| −0,02 | 1,3742 | 0,2501 | 0,48 | 1,6956 | 0,3086 | 0,98 | 2,0170 | 0,3671 |
| −0,01 | 1,3806 | 0,2513 | 0,49 | 1,7020 | 0,3098 | 0,99 | 2,0234 | 0,3682 |
| | | | | | | 1,00 | 2,0298 | 0,3694 |

Таблица 5

## Значения коэффициента $K$ ($\alpha = 20°$)

$$K = \frac{\text{inv}\,\alpha_t}{\text{inv}\,\alpha}$$

| β | K | β | K | β | K | β | K |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8°00′ | 1,0283 | 16°00′ | 1,1192 | 24°00′ | 1,2933 | 32°00′ | 1,5952 |
| 8°10′ | 1,0295 | 16°10′ | 1,1219 | 24°10′ | 1,2980 | 32°10′ | 1,6033 |
| 8°20′ | 1,0308 | 16°20′ | 1,1246 | 24°20′ | 1,3029 | 32°20′ | 1,6116 |
| 8°30′ | 1,0321 | 16°30′ | 1,1274 | 24°30′ | 1,3078 | 32°30′ | 1,6200 |
| 8°40′ | 1,0334 | 16°40′ | 1,1302 | 24°40′ | 1,3127 | 32°40′ | 1,6285 |
| 8°50′ | 1,0347 | 16°50′ | 1,1330 | 24°50′ | 1,3177 | 32°50′ | 1,6371 |
| 9°00′ | 1,0360 | 17°00′ | 1,1358 | 25°00′ | 1,3227 | 33°00′ | 1,6457 |
| 9°10′ | 1,0374 | 17°10′ | 1,1387 | 25°10′ | 1,3278 | 33°10′ | 1,6545 |
| 9°20′ | 1,0388 | 17°20′ | 1,1416 | 25°20′ | 1,3330 | 33°20′ | 1,6634 |
| 9°30′ | 1,0402 | 17°30′ | 1,1446 | 25°30′ | 1,3382 | 33°30′ | 1,6723 |
| 9°40′ | 1,0417 | 17°40′ | 1,1476 | 25°40′ | 1,3435 | 33°40′ | 1,6814 |
| 9°50′ | 1,0432 | 17°50′ | 1,1507 | 25°50′ | 1,3488 | 33°50′ | 1,6906 |
| 10°00′ | 1,0447 | 18°00′ | 1,1538 | 26°00′ | 1,3542 | 34°00′ | 1,6999 |
| 10°10′ | 1,0462 | 18°10′ | 1,1569 | 26°10′ | 1,3597 | 34°10′ | 1,7092 |
| 10°20′ | 1,0478 | 18°20′ | 1,1600 | 26°20′ | 1,3652 | 34°20′ | 1,7188 |
| 10°30′ | 1,0494 | 18°30′ | 1,1632 | 26°30′ | 1,3708 | 34°30′ | 1,7284 |
| 10°40′ | 1,0510 | 18°40′ | 1,1664 | 26°40′ | 1,3765 | 34°40′ | 1,7381 |
| 10°50′ | 1,0527 | 18°50′ | 1,1697 | 26°50′ | 1,3822 | 34°50′ | 1,7479 |
| 11°00′ | 1,0544 | 19°00′ | 1,1730 | 27°00′ | 1,3880 | 35°00′ | 1,7579 |
| 11°10′ | 1,0561 | 19°10′ | 1,1764 | 27°10′ | 1,3938 | 35°10′ | 1,7660 |
| 11°20′ | 1,0578 | 19°20′ | 1,1798 | 27°20′ | 1,3997 | 35°20′ | 1,7782 |
| 11°30′ | 1,0596 | 19°30′ | 1,1832 | 27°30′ | 1,4057 | 35°30′ | 1,7884 |
| 11°40′ | 1,0614 | 19°40′ | 1,1867 | 27°40′ | 1,4117 | 35°40′ | 1,7989 |
| 11°50′ | 1,0632 | 19°50′ | 1,1902 | 27°50′ | 1,4178 | 35°50′ | 1,8095 |
| 12°00′ | 1,0651 | 20°00′ | 1,1938 | 28°00′ | 1,4240 | 36°00′ | 1,8201 |
| 12°10′ | 1,0670 | 20°10′ | 1,1974 | 28°10′ | 1,4303 | 36°10′ | 1,8309 |
| 12°20′ | 1,0689 | 20°20′ | 1,2010 | 28°20′ | 1,4366 | 36°20′ | 1,8419 |
| 12°30′ | 1,0708 | 20°30′ | 1,2047 | 28°30′ | 1,4429 | 36°30′ | 1,8529 |
| 12°40′ | 1,0728 | 20°40′ | 1,2085 | 28°40′ | 1,4494 | 36°40′ | 1,8641 |
| 12°50′ | 1,0748 | 20°50′ | 1,2123 | 28°50′ | 1,4559 | 36°50′ | 1,8754 |
| 13°00′ | 1,0769 | 21°00′ | 1,2161 | 29°00′ | 1,4626 | 37°00′ | 1,8869 |
| 13°10′ | 1,0790 | 21°10′ | 1,2200 | 29°10′ | 1,4693 | 37°10′ | 1,8985 |
| 13°20′ | 1,0811 | 21°20′ | 1,2239 | 29°20′ | 1,4760 | 37°20′ | 1,9102 |
| 13°30′ | 1,0832 | 21°30′ | 1,2279 | 29°30′ | 1,4828 | 37°30′ | 1,9221 |
| 13°40′ | 1,0854 | 21°40′ | 1,2319 | 29°40′ | 1,4897 | 37°40′ | 1,9341 |
| 13°50′ | 1,0876 | 21°50′ | 1,2360 | 29°50′ | 1,4967 | 37°50′ | 1,9463 |
| 14°00′ | 1,0898 | 22°00′ | 1,2401 | 30°00′ | 1,5038 | 38°00′ | 1,9586 |
| 14°10′ | 1,0921 | 22°10′ | 1,2442 | 30°10′ | 1,5109 | 38°10′ | 1,9710 |
| 14°20′ | 1,0944 | 22°20′ | 1,2484 | 30°20′ | 1,5182 | 38°20′ | 1,9836 |
| 14°30′ | 1,0967 | 22°30′ | 1,2527 | 30°30′ | 1,5255 | 38°30′ | 1,9963 |
| 14°40′ | 1,0991 | 22°40′ | 1,2570 | 30°40′ | 1,5329 | 38°40′ | 2,0093 |
| 14°50′ | 1,1015 | 22°50′ | 1,2614 | 30°50′ | 1,5404 | 38°50′ | 2,0224 |
| 15°00′ | 1,1039 | 23°00′ | 1,2658 | 31°00′ | 1,5479 | 39°00′ | 2,0355 |
| 15°10′ | 1,1064 | 23°10′ | 1,2702 | 31°10′ | 1,5556 | 39°10′ | 2,0490 |
| 15°20′ | 1,1089 | 23°20′ | 1,2747 | 31°20′ | 1,5633 | 39°20′ | 2,0626 |
| 15°30′ | 1,1114 | 23°30′ | 1,2793 | 31°30′ | 1,5712 | 39°30′ | 2,0764 |
| 15°40′ | 1,1140 | 23°40′ | 1,2839 | 31°40′ | 1,5791 | 39°40′ | 2,0902 |
| 15°50′ | 1,1166 | 23°50′ | 1,2886 | 31°50′ | 1,5871 | 39°50′ | 2,1043 |
| | | | | | | 40°00′ | 2,1185 |

Таблица 6

Значения части длины общей нормали $W_T^*$, выраженной в долях модуля ($\alpha = 20°$)

| $z_T$ | $x$ | $W_T^*$ | $z_W$ |
|---|---|---|---|
| 8 | От 0,55 до 0,80 | 4,5402 | 2 |
| 9 | От 0,50 до 0,80 | 4,5542 | 2 |
| 10 | От 0,40 до 0,80 | 4,5683 | 2 |
| 11 | От 0,35 до 0,65 | 4,5823 | 2 |
| | Св. 0,65 до 0,90 | 7,5344 | 3 |
| 12 | От 0,30 до 0,50 | 4,5963 | 2 |
| | Св. 0,50 до 1,00 | 7,5484 | 3 |
| 13 | От 0,25 до 0,40 | 4,6103 | 2 |
| | Св. 0,40 до 1,00 | 7,5624 | 3 |
| 14 | От 0,20 до 0,30 | 4,6243 | 2 |
| | Св. 0,30 до 1,00 | 7,5764 | 3 |
| 15 | От 0,15 до 0,20 | 4,6383 | 2 |
| | Св. 0,20 до 1,00 | 7,5904 | 3 |
| 16 | От 0,05 до 0,15 | 4,6523 | 2 |
| | Св. 0,15 до 1,00 | 7,6044 | 3 |
| 17 | От 0 до 0,90 | 7,6184 | 3 |
| | Св. 0,90 до 1,00 | 10,5705 | 4 |
| 18 | От 0 до 0,75 | 7,6324 | 3 |
| | Св. 0,75 до 1,00 | 10,5845 | 4 |
| 19 | От —0,05 до 0,65 | 7,6464 | 3 |
| | Св. 0,65 до 1,00 | 10,5985 | 4 |
| 20 | От —0,10 до 0,55 | 7,6604 | 3 |
| | Св. 0,55 до 1,00 | 10,6125 | 4 |
| 21 | От —0,15 до 0,45 | 7,6744 | 3 |
| | Св. 0,45 до 1,00 | 10,6265 | 4 |
| 22 | От —0,25 до 0,35 | 7,6884 | 3 |
| | Св. 0,35 до 1,00 | 10,6405 | 4 |
| 23 | От —0,30 до 0,30 | 7,7024 | 3 |
| | Св. 0,30 до 1,00 | 10,6545 | 4 |
| 24 | От —0,35 до 0,20 | 7,7165 | 3 |
| | Св. 0,20 до 1,00 | 10,6686 | 4 |
| 25 | От —0,35 до 0,15 | 7,7305 | 3 |
| | Св. 0,15 до 1,00 | 10,6826 | 4 |
| 26 | От —0,40 до 0,05 | 7,7445 | 3 |
| | Св. 0,05 до 0,80 | 10,6966 | 4 |
| | Св. 0,80 до 1,00 | 13,6487 | 5 |
| 27 | От —0,45 до 0 | 7,7585 | 3 |
| | Св. 0 до 0,70 | 10,7106 | 4 |
| | Св. 0,70 до 1,00 | 13,6627 | 5 |
| 28 | От —0,50 до —0,05 | 7,7725 | 3 |
| | Св. —0,05 до 0,60 | 10,7246 | 4 |
| | Св. 0,60 до 1,00 | 13,6767 | 5 |
| 29 | От —0,50 до —0,10 | 7,7865 | 3 |
| | Св. —0,10 до 0,50 | 10,7386 | 4 |
| | Св. 0,50 до 1,00 | 13,6907 | 5 |
| 30 | От —0,50 до —0,20 | 7,8005 | 3 |
| | Св. —0,20 до 0,45 | 10,7526 | 4 |
| | Св. 0,45 до 1,00 | 13,7047 | 5 |
| 31 | От —0,50 до —0,25 | 7,8145 | 3 |
| | Св. —0,25 до 0,35 | 10,7666 | 4 |
| | Св. 0,35 до 1,00 | 13,7187 | 5 |
| 32 | От —0,50 до —0,30 | 7,8285 | 3 |
| | Св. —0,30 до 0,25 | 10,7806 | 4 |
| | Св. 0,25 до 1,00 | 13,7327 | 5 |
| 33 | От —0,50 до —0,35 | 7,8425 | 3 |
| | Св. —0,35 до 0,20 | 10,7946 | 4 |
| | Св. 0,20 до 1,00 | 13,7467 | 5 |
| 34 | От —0,50 до —0,40 | 7,8565 | 3 |
| | Св. —0,40 до 0,15 | 10,8086 | 4 |
| | Св. 0,15 до 1,00 | 13,7607 | 5 |
| 35 | От —0,50 до —0,45 | 7,8706 | 3 |
| | Св. 0,45 до 0,05 | 10,8227 | 4 |
| | Св. 0,05 до 0,75 | 13,7748 | 5 |
| | Св. 0,75 до 1,00 | 16,7269 | 6 |
| 36 | От —0,50 до 0 | 10,8367 | 4 |
| | Св. 0 до 0,65 | 13,7888 | 5 |
| | Св. 0,65 до 1,00 | 16,7409 | 6 |
| 37 | От —0,50 до —0,05 | 10,8507 | 4 |
| | Св. —0,05 до 0,60 | 13,8028 | 5 |
| | Св. 0,60 до 1,00 | 16,7549 | 6 |
| 38 | От —0,50 до —0,10 | 10,8647 | 4 |
| | Св. —0,10 до 0,50 | 13,8168 | 5 |
| | Св. —0,50 до 1,00 | 16,7689 | 6 |
| 39 | От —0,50 до —0,20 | 10,8787 | 4 |
| | Св. —0,20 до 0,40 | 13,8308 | 5 |
| | Св. 0,40 до 1,00 | 16,7829 | 6 |
| 40 | От —0,50 до —0,25 | 10,8927 | 4 |
| | Св. —0,25 до 0,35 | 13,8448 | 5 |
| | Св. 0,35 до 1,00 | 16,7969 | 6 |
| 41 | От —0,50 до —0,30 | 10,9067 | 4 |
| | Св. —0,30 до 0,25 | 13,8588 | 5 |
| | Св. 0,25 до 1,00 | 16,8109 | 6 |
| 42 | От —0,50 до —0,35 | 10,9207 | 4 |
| | Св. —0,35 до 0,20 | 13,8728 | 5 |
| | Св. 0,20 до 1,00 | 16,8249 | 6 |
| 43 | От —0,50 до —0,40 | 10,9347 | 4 |
| | Св. —0,40 до 0,15 | 13,8868 | 5 |
| | Св. 0,15 до 0,80 | 16,8389 | 6 |
| | Св. 0,80 до 1,00 | 19,7910 | 7 |
| 44 | От —0,50 до —0,45 | 10,9487 | 4 |
| | Св. —0,45 до 0,05 | 13,9008 | 5 |
| | Св. 0,05 до 0,75 | 16,8529 | 6 |
| | Св. 0,75 до 1,00 | 19,8050 | 7 |
| 45 | От —0,50 до 0 | 13,9148 | 5 |
| | Св. 0 до 0,65 | 16,8669 | 6 |
| | Св. 0,65 до 1,00 | 19,8190 | 7 |
| 46 | От —0,50 до —0,05 | 13,9289 | 5 |
| | Св. —0,05 до 0,55 | 16,8810 | 6 |
| | Св. 0,55 до 1,00 | 19,8331 | 7 |
| 47 | От —0,50 до —0,10 | 13,9429 | 5 |
| | Св. —0,10 до 0,50 | 16,8950 | 6 |
| | Св. 0,50 до 1,00 | 19,8471 | 7 |
| 48 | От —0,50 до —0,20 | 13,9569 | 5 |
| | Св. —0,20 до 0,40 | 16,9090 | 6 |
| | Св. 0,40 до 1,00 | 19,8611 | 7 |
| 49 | От —0,50 до —0,25 | 13,9709 | 5 |
| | Св. —0,25 до 0,35 | 16,9230 | 6 |
| | Св. 0,35 до 1,00 | 19,8751 | 7 |
| 50 | От —0,50 до —0,30 | 13,9849 | 5 |
| | Св. —0,30 до 0,25 | 16,9370 | 6 |
| | Св. 0,25 до 1,00 | 19,8891 | 7 |
| 51 | От —0,50 до —0,35 | 13,9989 | 5 |
| | Св. —0,35 до 0,20 | 16,9510 | 6 |
| | Св. 0,20 до 1,00 | 19,9031 | 7 |
| 52 | От —0,50 до —0,40 | 14,0129 | 5 |
| | Св. —0,40 до 0,15 | 16,9650 | 6 |
| | Св. 0,15 до 0,80 | 19,9171 | 7 |
| | Св. 0,80 до 1,00 | 22,8692 | 8 |
| 53 | От —0,50 до —0,45 | 14,0269 | 5 |
| | Св. —0,45 до 0,05 | 16,9790 | 6 |
| | Св. 0,05 до 0,70 | 19,9311 | 7 |
| | Св. 0,70 до 1,00 | 22,8832 | 8 |
| 54 | От —0,50 до 0 | 16,9930 | 6 |
| | Св. 0 до 0,65 | 19,9451 | 7 |
| | Св. 0,65 до 1,00 | 22,8972 | 8 |
| 55 | От —0,50 до —0,05 | 17,0071 | 6 |
| | Св. —0,05 до 0,55 | 19,9592 | 7 |
| | Св. 0,55 до 1,00 | 22,9113 | 8 |

*Продолжение табл. 6*

| $z_T$ | $x$ | $W_T^*$ | $z_W$ |
|---|---|---|---|
| 56 | От —0,50 до —0,10 | 17,0211 | 6 |
| | Св. —0,10 до 0,50 | 19,9732 | 7 |
| | Св. 0,50 до 1,00 | 22,9253 | 8 |
| 57 | От —0,50 до —0,20 | 17,0351 | 6 |
| | Св. —0,20 до 0,40 | 19,9872 | 7 |
| | Св. 0,40 до 1,00 | 22,9393 | 8 |
| 58 | От —0,50 до —0,25 | 17,0491 | 6 |
| | Св. —0,25 до 0,35 | 20,0012 | 7 |
| | Св. 0,35 до 1,00 | 22,9533 | 8 |
| 59 | От —0,50 до —0,30 | 17,0631 | 6 |
| | Св. —0,30 до 0,25 | 20,0152 | 7 |
| | Св. 0,25 до 1,00 | 22,9673 | 8 |
| 60 | От —0,50 до —0,35 | 17,0771 | 6 |
| | Св. —0,35 до 0,20 | 20,0292 | 7 |
| | Св. 0,20 до 1,00 | 22,9813 | 8 |
| 61 | От —0,50 до —0,40 | 17,0911 | 6 |
| | Св. —0,40 до 0,15 | 20,0432 | 7 |
| | Св. 0,15 до 0,80 | 22,9953 | 8 |
| | Св. 0,80 до 1,00 | 25,9474 | 9 |
| 62 | От —0,50 до —0,45 | 17,1051 | 6 |
| | Св. —0,45 до 0,05 | 20,0572 | 7 |
| | Св. 0,05 до 0,70 | 23,0093 | 8 |
| | Св. 0,70 до 1,00 | 25,9614 | 9 |
| 63 | От —0,50 до 0 | 20,0712 | 7 |
| | Св. 0 до 0,60 | 23,0233 | 8 |
| | Св. 0,60 до 1,00 | 25,9754 | 9 |
| 64 | От —0,50 до —0,05 | 20,0852 | 7 |
| | Св. —0,05 до 0,55 | 23,0373 | 8 |
| | Св. 0,55 до 1,00 | 25,9894 | 9 |
| 65 | От —0,50 до —0,10 | 20,0992 | 7 |
| | Св. —0,10 до 0,45 | 23,0513 | 8 |
| | Св. 0,45 до 1,00 | 26,0034 | 9 |
| 66 | От —0,50 до —0,20 | 20,1132 | 7 |
| | Св —0,20 до 0,40 | 23,0653 | 8 |
| | Св. 0,40 до 1,00 | 26,0174 | 9 |
| 67 | От —0,50 до —0,25 | 20,1272 | 7 |
| | Св. —0,25 до 0,35 | 23,0793 | 8 |
| | Св. 0,35 до 1,00 | 26,0314 | 9 |
| 68 | От —0,50 до —0,30 | 20,1412 | 7 |
| | Св. —0,30 до 0,25 | 23,0933 | 8 |
| | Св. 0,25 до 1,00 | 26,0454 | 9 |
| 69 | От —0,50 до —0,35 | 20,1553 | 7 |
| | Св. —0,35 до 0,20 | 23,1074 | 8 |
| | Св. 0,20 до 0,85 | 26,0595 | 9 |
| | Св. 0,85 до 1,00 | 29,0116 | 10 |
| 70 | От —0,50 до —0,40 | 20,1693 | 7 |
| | Св. —0,40 до 0,15 | 23,1214 | 8 |
| | Св. 0,15 до 0,75 | 26,0735 | 9 |
| | Св. 0,75 до 1,00 | 29,0256 | 10 |
| 71 | От —0,50 до 0,05 | 23,1354 | 8 |
| | Св. 0,05 до 0,70 | 26,0875 | 9 |
| | Св. 0,70 до 1,00 | 29,0396 | 10 |
| 72 | От —0,50 до 0 | 23,1494 | 8 |
| | Св 0 до 0,60 | 26,1015 | 9 |
| | Св. 0,60 до 1,00 | 29,0536 | 10 |
| 73 | От —0,50 до —0,05 | 23,1634 | 8 |
| | Св. —0,05 до 0,55 | 26,1155 | 9 |
| | Св. 0,55 до 1,00 | 29,0676 | 10 |
| 74 | От —0,50 до —0,10 | 23,1774 | 8 |
| | Св. 0,10 до 0,45 | 26,1295 | 9 |
| | Св. 0,45 до 1,00 | 29,0816 | 10 |
| 75 | От —0,50 до —0,20 | 23,1914 | 8 |
| | Св. —0,20 до 0,40 | 26,1435 | 9 |
| | Св. 0,40 до 1,00 | 29,0956 | 10 |
| 76 | От —0,50 до —0,25 | 23,2054 | 8 |
| | Св. —0,25 до 0,35 | 26,1575 | 9 |
| | Св. 0,35 до 1,00 | 29,1096 | 10 |
| 77 | От —0,50 до —0,30 | 23,2194 | 8 |
| | Св.—0,30 до 0,25 | 26,1715 | 9 |
| | Св. 0,25 до 1,00 | 29,1236 | 10 |
| 78 | От —0,50 до —0,35 | 23,2334 | 8 |
| | Св. —0,35 до 0,20 | 26,1855 | 9 |
| | Св. 0,20 до 0,85 | 29,1376 | 10 |
| | Св. 0,85 до 1,00 | 32,0897 | 11 |
| 79 | От —0,50 до —0,40 | 23,2474 | 8 |
| | Св. —0,40 до 0,15 | 26,1995 | 9 |
| | Св. 0,15 до 0,75 | 29,1516 | 10 |
| | Св. 0,75 до 1,00 | 32,1037 | 11 |
| 80 | От —0,50 до 0,05 | 26,2135 | 9 |
| | Св. 0,05 до 0,70 | 29,1656 | 10 |
| | Св. 0,70 до 1,00 | 32,1177 | 11 |
| 81 | От —0,50 до 0 | 26,2276 | 9 |
| | Св. 0 до 0,60 | 29,1797 | 10 |
| | Св. 0,60 до 1,00 | 32,1318 | 11 |
| 82 | От —0,50 до —0,05 | 26,2416 | 9 |
| | Св. —0,05 до 0,55 | 29,1937 | 10 |
| | Св. 0,55 до 1,00 | 32,1458 | 11 |
| 83 | От —0,50 до —0,10 | 26,2556 | 9 |
| | Св. —0,10 до 0,45 | 29,2077 | 10 |
| | Св. 0,45 до 1,00 | 32,1598 | 11 |
| 84 | От —0,50 до —0,20 | 26,2696 | 9 |
| | Св. —0,20 до 0,40 | 29,2217 | 10 |
| | Св. 0,40 до 1,00 | 32,1738 | 11 |
| 85 | От —0,50 до —0,25 | 26,2836 | 9 |
| | Св. —0,25 до 0,35 | 29,2357 | 10 |
| | Св. 0,35 до 1,00 | 32,1878 | 11 |
| 86 | От —0,50 до —0,30 | 26,2976 | 9 |
| | Св. —0,30 до 0,25 | 29,2497 | 10 |
| | Св. 0,25 до 1,00 | 32,2018 | 11 |
| 87 | От —0,50 до —0,35 | 26,3116 | 9 |
| | Св. —0,35 до 0,20 | 29,2637 | 10 |
| | Св. 0,20 до 0,85 | 32,2158 | 11 |
| | Св. 0,85 до 1,00 | 35,1679 | 12 |
| 88 | От —0,50 до —0,40 | 26,3256 | 9 |
| | Св. —0,40 до 0,15 | 29,2777 | 10 |
| | Св. 0,15 до 0,75 | 32,2298 | 11 |
| | Св. 0,75 до 1,00 | 35,1819 | 12 |
| 89 | От —0,50 до 0,05 | 29,2917 | 10 |
| | Св 0,05 до 0,70 | 32,2438 | 11 |
| | Св. 0,70 до 1,00 | 35,1959 | 12 |
| 90 | От —0,50 до 0 | 29,3057 | 10 |
| | Св. 0 до 0,60 | 32,2578 | 11 |
| | Св. 0,60 до 1,00 | 35,2099 | 12 |
| 91 | От —0,50 до —0,05 | 29,3198 | 10 |
| | Св. —0,05 до 0,55 | 32,2719 | 11 |
| | Св. 0,55 до 1,00 | 35,2240 | 12 |
| 92 | От —0,50 до —0,10 | 29,3338 | 10 |
| | Св. —0,10 до 0,45 | 32,2859 | 11 |
| | Св. 0,45 до 1,00 | 35,2380 | 12 |
| 93 | От —0,50 до —0,20 | 29,3478 | 10 |
| | Св. —0,20 до 0,40 | 32,2999 | 11 |
| | Св. 0,40 до 1,00 | 35,2520 | 12 |
| 94 | От —0,50 до —0,25 | 29,3618 | 10 |
| | Св. —0,25 до 0,35 | 32,3139 | 11 |
| | Св. 0,35 до 1,00 | 35,2660 | 12 |
| 95 | От —0,50 до —0,30 | 29,3758 | 10 |
| | Св. —0,30 до 0,25 | 32,3279 | 11 |
| | Св. 0,25 до 1,00 | 35,2800 | 12 |
| 96 | От —0,50 до —0,35 | 29,3898 | 10 |
| | Св. —0,35 до 0,20 | 32,3419 | 11 |
| | Св. 0,20 до 0,80 | 35,2940 | 12 |
| | Св. 0,80 до 1,00 | 38,2461 | 13 |

*Продолжение табл. 6*

| $z_T$ | $x$ | $W_T^*$ | $z_W$ | $z_T$ | $x$ | $W_T^*$ | $z_W$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 97 | От —0,50 до —0,40 | 29,4036 | 10 | 113 | От —0,50 до —0,30 | 35,5321 | 12 |
| | Св. —0,40 до 0,15 | 32,3559 | 11 | | Св. —0,30 до —0,25 | 38,4842 | 13 |
| | Св. 0,15 до 0,75 | 35,3080 | 12 | | Св. 0,25 до 1,00 | 41,4363 | 14 |
| | Св. 0,75 до 1,00 | 38,2601 | 13 | | | | |
| | От —0,50 до 0,05 | 32,3699 | 11 | 114 | От —0,50 до —0,35 | 35,5461 | 12 |
| 98 | Св. 0,05 до 0,70 | 35,3220 | 12 | | Св. —0,35 до 0,20 | 38,4982 | 13 |
| | Св. 0,70 до 1,00 | 38,2741 | 13 | | Св. 0,20 до 0,80 | 41,4503 | 14 |
| | | | | | Св. 0,80 до 1,00 | 44,4024 | 15 |
| | От —0,50 до 0 | 32,3839 | 11 | | | | |
| 99 | Св. 0 до 0,60 | 35,3360 | 12 | 115 | От —0,50 до —0,45 | 35,5602 | 12 |
| | Св. 0,60 до 1,00 | 38,2881 | 13 | | Св. —0,45 до —0,15 | 38,5123 | 13 |
| | | | | | Св. 0,15 до 0,75 | 41,4644 | 14 |
| | От —0,50 до —0,05 | 32,3979 | 11 | | Св. 0,75 до 1,00 | 44,4165 | 15 |
| 100 | Св. —0,05 до 0,55 | 35,3500 | 12 | | | | |
| | Св. 0,55 до 1,00 | 38,3021 | 13 | 116 | От —0,50 до 0,05 | 38,5263 | 13 |
| | | | | | Св. 0,05 до 0,65 | 41,4784 | 14 |
| | От —0,50 до —0,15 | 32,4119 | 11 | | Св. 0,65 до 1,00 | 44,4305 | 15 |
| 101 | Св. —0,15 до 0,45 | 35,3640 | 12 | | | | |
| | Св. 0,45 до 1,00 | 38,3161 | 13 | 117 | От —0,50 до 0 | 38,5403 | 13 |
| | | | | | Св. 0 до 0,60 | 41,4924 | 14 |
| | От —0,50 до —0,20 | 32,4260 | 11 | | Св. 0,60 до 1,00 | 44,4445 | 15 |
| 102 | Св. —0,20 до 0,40 | 35,3781 | 12 | | | | |
| | Св. 0,40 до 1,00 | 38,3302 | 13 | 118 | От —0,50 до —0,05 | 38,5543 | 13 |
| | | | | | Св. —0,05 до 0,55 | 41,5064 | 14 |
| | От —0,50 до —0,25 | 32,4400 | 11 | | Св. 0,55 до 1,00 | 44,4585 | 15 |
| 103 | Св. —0,25 до 0,35 | 35,3921 | 12 | | | | |
| | Св. 0,35 до 1,00 | 38,3442 | 13 | 119 | От —0,50 до —0,15 | 38,5683 | 13 |
| | | | | | Св. —0,15 до 0,45 | 41,5204 | 14 |
| | От —0,50 до —0,30 | 32,4540 | 11 | | Св. 0,45 до 1,00 | 44,4725 | 15 |
| 104 | Св. —0,30 до 0,25 | 35,4061 | 12 | | | | |
| | Св. 0,25 до 1,00 | 38,3582 | 13 | 120 | От —0,50 до —0,20 | 38,5823 | 13 |
| | | | | | Св. —0,20 до 0,40 | 41,5344 | 14 |
| | От —0,50 до —0,35 | 32,4680 | 11 | | Св. 0,40 до 1,00 | 44,4865 | 15 |
| 105 | Св. —0,35 до 0,20 | 35,4201 | 12 | | | | |
| | Св. 0,20 до 0,80 | 38,3722 | 13 | 121 | От —0,50 до —0,25 | 38,5963 | 13 |
| | Св. 0,80 до 1,00 | 41,3243 | 14 | | Св. —0,25 до 0,35 | 41,5484 | 14 |
| | | | | | Св. 0,35 до 1,00 | 44,5005 | 15 |
| | От —0,50 до —0,45 | 32,4820 | 11 | | | | |
| 106 | Св. —0,45 до 0,15 | 35,4341 | 12 | 122 | От —0,50 до —0,30 | 38,6103 | 13 |
| | Св. 0,15 до 0,75 | 38,3862 | 13 | | Св. —0,30 до 0,25 | 41,5624 | 14 |
| | Св. 0,75 до 1,00 | 41,3383 | 14 | | Св. —0,25 до 1,00 | 44,5145 | 15 |
| | От —0,50 до 0,05 | 35,4481 | 12 | | | | |
| 107 | Св. 0,05 до 0,65 | 38,4002 | 13 | 123 | От —0,50 до —0,35 | 38,6243 | 13 |
| | Св. 0,65 до 1,00 | 41,3523 | 14 | | Св. —0,35 до —0,20 | 41,5764 | 14 |
| | | | | | Св. 0,20 до 0,80 | 44,5285 | 15 |
| | От —0,50 до 0 | 35,4621 | 12 | | Св. 0,80 до 1,00 | 47,4806 | 16 |
| 108 | Св. 0 до 0,60 | 38,4142 | 13 | | | | |
| | Св. 0,60 до 1,00 | 41,3663 | 14 | 124 | От —0,50 до —0,45 | 38,6383 | 13 |
| | | | | | Св. —0,45 до 0,15 | 41,5904 | 14 |
| | От —0,50 до —0,05 | 35,4761 | 12 | | Св. 0,15 до 0,75 | 44,5425 | 15 |
| 109 | Св. —0,05 до 0,55 | 38,4282 | 13 | | Св. 0,75 до 1,00 | 47,4946 | 16 |
| | Св. 0,55 до 1,00 | 41,3803 | 14 | | | | |
| | | | | 125 | От —0,50 до 0,05 | 41,6044 | 14 |
| | От —0,50 до —0,15 | 35,4901 | 12 | | Св. 0,05 до 0,65 | 44,5565 | 15 |
| 110 | Св. —0,15 до 0,45 | 38,4422 | 13 | | Св. 0,65 до 1,00 | 47,5086 | 16 |
| | Св. 0,45 до 1,00 | 41,3943 | 14 | | | | |
| | От —0,50 до —0,20 | 35,5041 | 12 | | | | |
| 111 | Св. —0,20 до 0,40 | 38,4562 | 13 | | | | |
| | Св. 0,40 до 1,00 | 41,4083 | 14 | | | | |
| | Св. —0,50 до —0,25 | 35,5181 | 12 | | | | |
| 112 | Св. —0,25 до 0,35 | 38,4702 | 13 | | | | |
| | Св. 0,35 до 1,00 | 41,4223 | 14 | | | | |

Примечание. Значения $W_T^*$ рассчитаны по формуле:

$$W_T^* = [\pi(z_W - 0{,}5) + z_T \operatorname{inv} \alpha] \cos \alpha.$$

Здесь $z_W$ — округленное до ближайшего целого числа значение $z_{Wr}$

$$z_{Wr} = \frac{\alpha_{xk}\, z_k}{180^\circ} + 0{,}5,$$

где $$\cos \alpha_{xk} = \frac{z_k \cos \alpha}{z_k + 2x}.$$

*ПРИЛОЖЕНИЕ 2*
*Рекомендуемое*

## ВЫБОР КОЭФФИЦИЕНТОВ СМЕЩЕНИЯ

Рекомендация распространяется на передачи, зубчатые колеса которых соответствуют исходному контуру по ГОСТ 13755—81.

Рекомендация не распространяется на зубчатые передачи, к которым предъявляются особые требования (передачи машин и механизмов массового или крупносерийного производства, специальные передачи, несущая способность которых в заданных габаритах должна быть максимально возможной, специальные кинематические передачи и т. п.).

Коэффициенты смещения у зубчатых колес рекомендуется выбирать по табл. 1 для прямозубой передачи и табл. 2 для косозубой и шевронной передач. Если при этом диаметры вершин зубьев зубчатых колес рассчитаны по формулам, приведенным в табл. 2, п. 15 настоящего стандарта, проверку качества зацепления по геометрическим показателям в соответствии с табл. 6 настоящего стандарта производить не требуется, за исключением проверки нормальной толщины на поверхности вершин $s_{na}$ при $x_1=x_2=0,5$ и $z<18$, а также, при наличии модификации головки, проверки величины $\varepsilon_{\alpha M}$ при $x_1=x_2=0,5$.

Разбивку коэффициента суммы смещений зубчатых колес передачи рекомендуется производить по табл. 3 для прямозубой передачи и табл. 4 для косозубой и шевронной передач. Если при этом диаметры вершин зубьев зубчатых колес рассчитаны по формулам, приведенным в табл. 2, п. 15 настоящего стандарта, то отсутствие подрезания зуба и отсутствие интерференции зубьев в соответствии с табл. 6 настоящего стандарта проверять не требуется.

Таблица 1

### Коэффициенты смещения у зубчатых колес прямозубой передачи

| Коэффициент смещения | | Область применения | | |
|---|---|---|---|---|
| у шестерни $x_1$ | у колеса $x_2$ | | | |
| 0 | 0 | Межосевое расстояние $a_w$ задано равным $0,5\ (z_1+z_2)m$ или не задано | Кинематические передачи | $z_1 \geqslant 17$ |
| 0,3 | —0,3 | | | $12 \leqslant z_1 \leqslant 16$ и $z_2 \geqslant 22$ |
| 0 | 0 | Межосевое расстояние $a_w$ задано равным $0,5(z_1+z_2)m$ | Силовые передачи | $z_1 \geqslant 21$ |
| 0,3 | —0,3 | | | $14 \leqslant z_1 \leqslant 20$ и $u \geqslant 3,5$ |
| 0 | 0 | Межосевое расстояние $a_w$ не задано | | $z_1 \geqslant 30$;<br>$z_1 \geqslant 20$, если модификация головки обязательна и ее параметры, определяемые по ГОСТ 13755—81, должны быть оптимальными |
| 0,5 | 0,5 | | | $10 \leqslant z_1 \leqslant 30$<br>В пределах $10 \leqslant z_1 \leqslant 16$ нижнее предельное значение $z_1$ определяется по графику на чертеже |

Таблица 2

## Коэффициенты смещения у зубчатых колес косозубой и шевронной передач

| Коэффициент смещения | | Область применения | | |
|---|---|---|---|---|
| у шестерни $x_1$ | у колеса $x_2$ | | | |
| 0 | 0 | Межосевое расстояние $a_w$ задано равным $\frac{(z_1+z_2)m}{2\cos\beta}$ или не задано | Кинематические передачи | $z_1 \geqslant z_{min}$<br>$z_{min}$ определяется по табл. 5 |
| 0,3 | —0,3 | | | $z_1 \geqslant z_{1min}$, но не менее 10 и $z_2 \geqslant z_{2min}$<br>$z_{1min}$ и $z_{2min}$ определяются по графику на черт. 8 приложения 1 соответственно при $x=x_1=0,3$ и $x=x_2=-0,3$ |
| 0 | 0 | | Силовые передачи | $z_1 \geqslant z_{min}+2$<br>$z_{min}$ определяется по табл. 5 |
| 0,3 | —0,3 | | | $z_1 \geqslant z_{min}+2$, но не менее 10 и $u \geqslant 3,5$<br>$z_{min}$ определяется по графику на черт. 8 приложения 1 при $x=x_1=0,3$<br>Рекомендация не распространяется на передачи, у которых при твердости поверхностей зубьев колеса до НВ 320, твердость поверхностей зубьев шестерни превосходит ее более чем на НВ 70 |

Таблица 3

## Разбивка коэффициента суммы смещения $x_\Sigma$ у прямозубой передачи на составляющие $x_1$ и $x_2$

| Коэффициент суммы смещений $x_\Sigma$ | Коэффициент смещения | | Область применения | |
|---|---|---|---|---|
| | у шестерни $x_1$ | у колеса $x_2$ | | |
| $0<x_\Sigma \leqslant 0,5$ | $x_\Sigma$ | 0 | Кинематические передачи | $z_1 \geqslant z_{min}$, но не менее 10 и $z_2 \geqslant 17$.<br>$z_{min}$ определяется по графику на черт. 8 приложения 1 при $x=x_1=x_\Sigma$ |
| | | | Силовые передачи | $z_1 \geqslant z_{min}+2$ и $z_2 \geqslant 21$<br>$z_{1min}$ определяется по графику на черт. 8 приложения 1 при $x=x_1=x_\Sigma$ |
| $0,5<x_\Sigma<1$ | 0,5 | $x_\Sigma-0,5$ | Кинематические передачи | $z_1 \geqslant 10$ и $z_2 \geqslant z_{2min}$<br>$z_{2min}$ определяется по графику на черт. 8 приложения 1 при $x=x_2=x_\Sigma-0,5$ |
| | | | Силовые передачи | $z_1 \geqslant 11$ и $z_2 \geqslant z_{2min}+2$<br>$z_{2min}$ определяется по графику на черт. 8 приложения 1 при $x=x_2=x_\Sigma-0,5$ |

Примечания:

1. При заданном межосевом расстоянии $a_w$ требуемое значение коэффициента суммы смещений $x_\Sigma$ можно получить за счет изменения числа зубьев $z_1$ или $z_2$, если это изменение допускается.
2. При $0,3<x_\Sigma<0,7$ и $u<2$ наибольшая скорость скольжения в зацеплении будет большей, чем в передаче без смещения.
3. При $u=1$ рекомендуется $x_1=x_2=0,5x_\Sigma$

Таблица 4

**Разбивка коэффициента суммы смещения $x_\Sigma$ у косозубой или шевронной передач на составляющие $x_1$ и $x_2$**

| Коэффициент суммы смещения $x_\Sigma$ | Коэффициент смещения | | Область применения | |
|---|---|---|---|---|
| | у шестерни $x_1$ | у колеса $x_2$ | | |
| $0<x_\Sigma<0{,}5$ | $x_\Sigma$ | 0 | Кинематические передачи | $z_1 \geqslant z_{1\min}$, но не менее 10 и $z_2 \geqslant z_{2\min}$<br>$z_{1\min}$ определяется по графику на черт. 8 приложения 1 при $x=x_1=x_\Sigma$,<br>$z_{2\min}$ определяется по табл. 5 |
| | | | Силовые передачи | $z_1 \geqslant z_{1\min}+2$, но не менее 10 и $z_2 \geqslant z_{2\min}+2$,<br>$z_{1\min}$ определяется по графику на черт. 8 приложения 1 при $x=x_1=x_\Sigma$,<br>$z_{2\min}$ определяется по табл. 5.<br>Рекомендация не распространяется на передачи, у которых при твердости поверхностей зубьев колеса до НВ 320 твердость поверхностей зубьев шестерни превосходит ее более чем на НВ 70 |

Примечания:

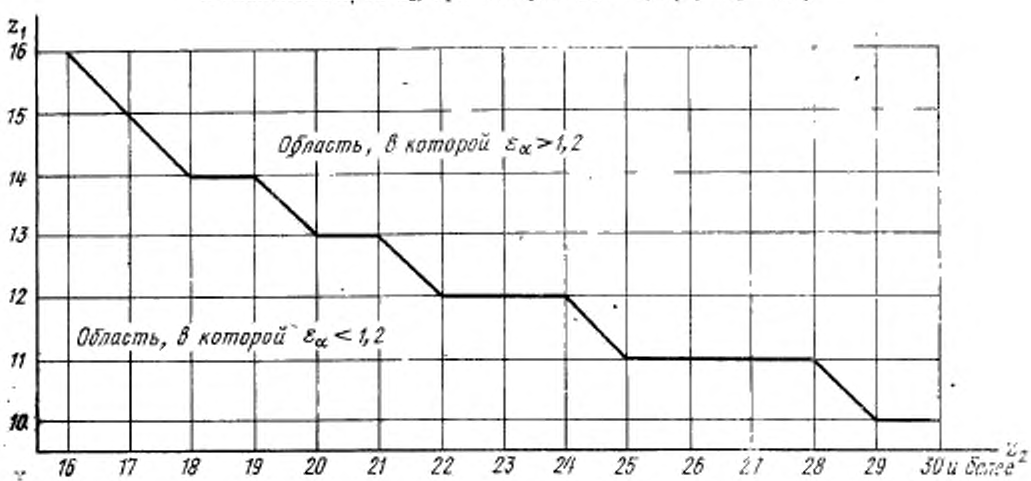
1. При заданном межосевом расстоянии $a_w$ требуемое значение коэффициента суммы смещений $x_\Sigma$ можно получить за счет изменения числа зубьев $z_1$ или $z_2$, угла наклона $\beta$ если эти изменения допускаются.
2. При $x_\Sigma > 0{,}3$ и $u<2$ наибольшая скорость скольжения в зацеплении будет большей, чем в передаче без смещения.
3. При $u=1$ рекомендуется $x_1=x_2=0{,}5x_\Sigma$.

Таблица 5

**Значения наименьшего числа зубьев $z_{\min}$ зубчатого колеса с коэффициентом смещения $x=0$ при станочном зацеплении с исходной производящей рейкой**

| β, град | $z_{\min}$ | β, град | $z_{\min}$ |
|---|---|---|---|
| До 12 | 17 | Св. 24 до 28 | 13 |
| Св. 12 до 17 | 16 | » 28 » 31 | 12 |
| » 17 » 21 | 15 | » 31 » 34 | 11 |
| » 21 » 24 | 14 | » 34 | 10 |

**График для определения нижнего предельного значения $z_1$ в зависимости от $z_2$, при которых $\varepsilon_\alpha=1{,}2$ ($x_1=x_2=0{,}5$)**

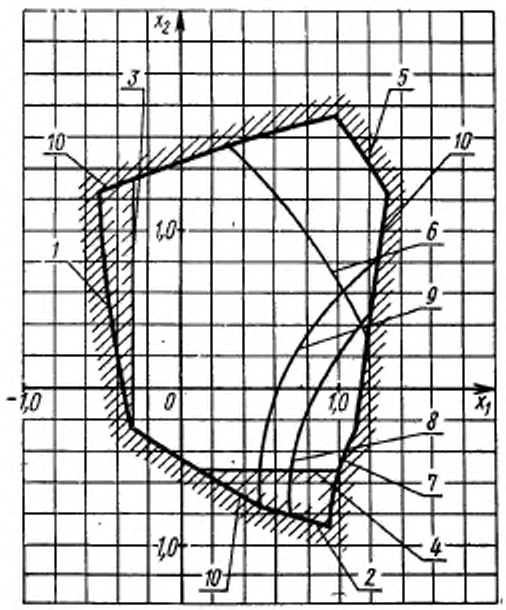


*ПРИЛОЖЕНИЕ 3*
*Справочное*

## БЛОКИРУЮЩИЕ КОНТУРЫ

Блокирующим контуром называется совокупность линий в системе координат $x_1$ и $x_2$, ограничивающих зону допустимых значений коэффициентов смещения для передачи с числами зубьев зубчатых колес $z_1$ и $z_2$.

На черт. 1 приведен пример блокирующего контура.




На чертеже приняты следующие обозначения:

— зона недопустимых значений коэффициентов смещения исходного контура;

— зона нерекомендуемых значений коэффициентов смещения исходного контура;

*1* — граница подрезания зуба шестерни, не вызывающего уменьшения коэффициента перекрытия (верхняя точка активного профиля зуба колеса лежит на окружности вершин); *2* — граница подрезания зуба колеса, не вызывающего уменьшения коэффициента перекрытия (верхняя точка активного профиля зуба шестерни лежит на окружности вершин); *3* — линия $x_{1\min}$ шестерни; *4* — линия $x_{2\min}$ колеса; *5* — линия $\varepsilon_\alpha = \varepsilon_{\alpha\min} = 1{,}0$; *6* — линия $\varepsilon_\alpha = \varepsilon_{\alpha\min} = 1{,}2$; *7* — линия $s_{a1} = 0$; *8* — линия $s_{a1} = 0{,}25\,m$; *9* — линия $s_{a1} = 0{,}40\,m$; 10 — линия интерференции зубьев.

Черт. 1

При выборе коэффициентов смещения с помощью блокирующих контуров коэффициент торцового перекрытия $\varepsilon_\alpha$ и толщина зуба на поверхности вершин шестерни $s_{a1}$ рассчитываются по формулам, приведенным в табл. 6 настоящего стандарта только в случаях, когда необходимо получить их уточненные значения.

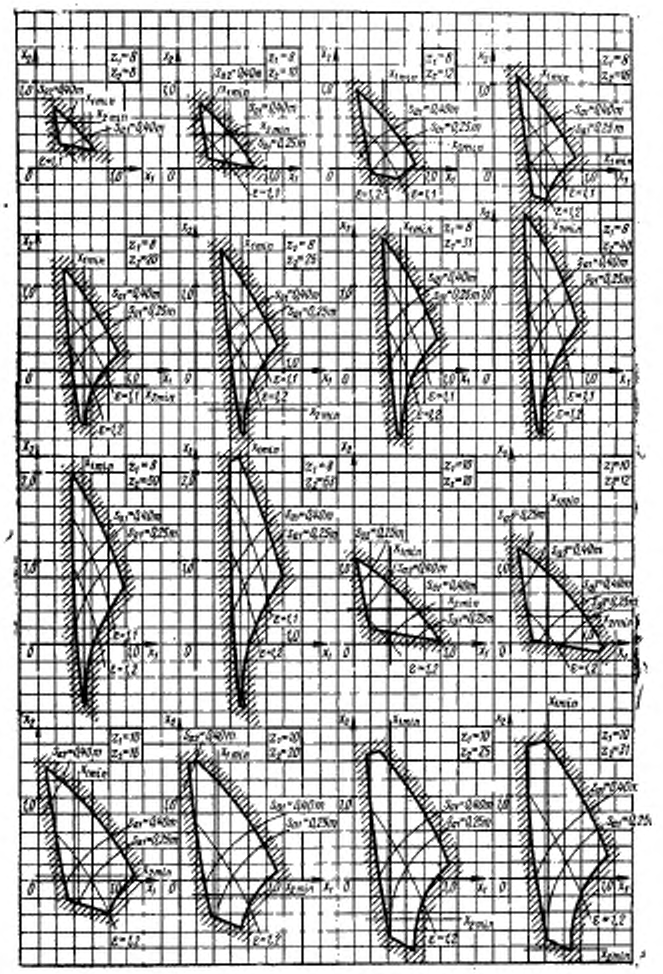
Приведенные на черт. 2—6 блокирующие контуры построены для прямозубых передач, зубья зубчатых колес которых образованы теоретической исходной производящей рейкой, соответствующей исходному контуру с $\alpha = 20°$, $h_a^* = 1$ и $h_1^* - h_a^* = 1$ (включая исходный контур по ГОСТ 13755—81), и диаметры вершин зубьев рассчитаны по формулам, приведенным в табл. 2, п. 15 настоящего стандарта (без учета притупления продольных кромок зубьев).

Эти блокирующие контуры могут быть использованы с некоторым приближением для косозубых передач. При этом выбор контура следует производить по эквивалентному числу зубьев $z_v = \frac{z}{\cos^3\beta}$ и коэффициент торцового перекрытия определять по формуле $\varepsilon_\alpha \approx (1{,}51\cos\beta - 0{,}51)\varepsilon$.

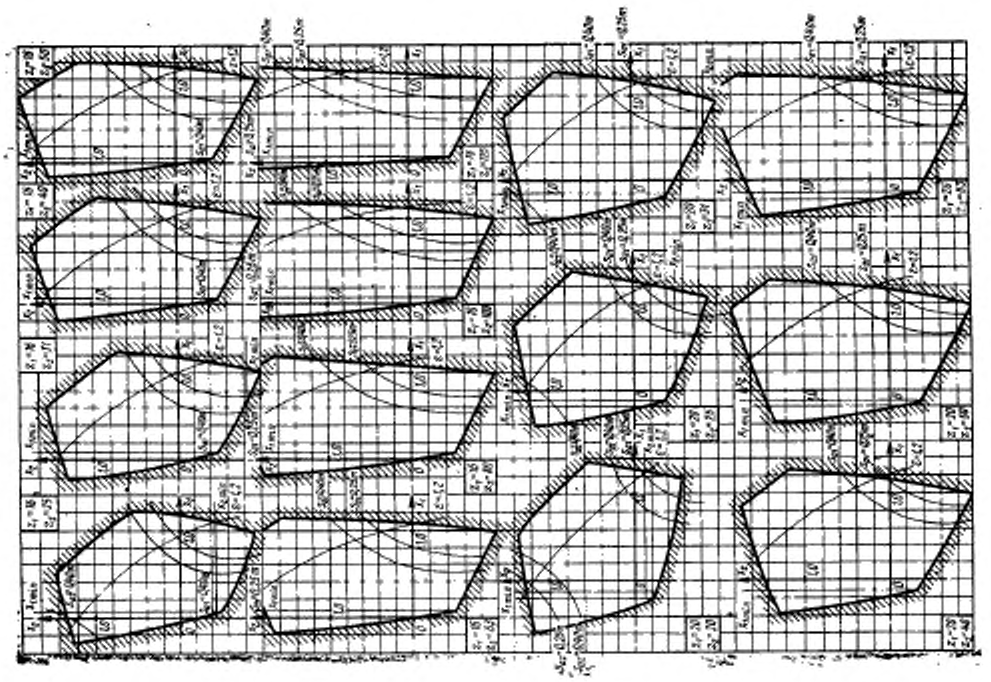
**Пример.** Дано: $z_1=13$, $z_2=65$, $x_\Sigma=0{,}633$.

Разбивку $x_\Sigma$ требуется произвести таким образом, чтобы получить $s_{a1}=0{,}4\,m$ и $\varepsilon\geqslant 1{,}2$.

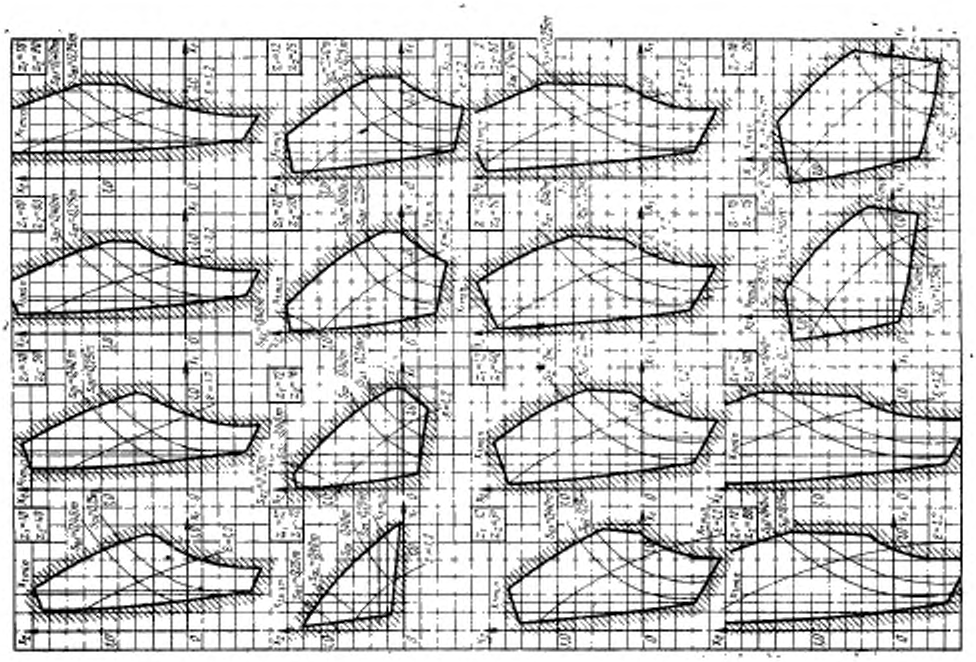
По блокирующему контуру с числами зубьев ближайшими меньшими к заданным ($z_1=12$, $z_2=63$) находим, что этим условиям удовлетворяют коэффициенты смещения $x_1=0{,}400$ и $x_2=0{,}233$.



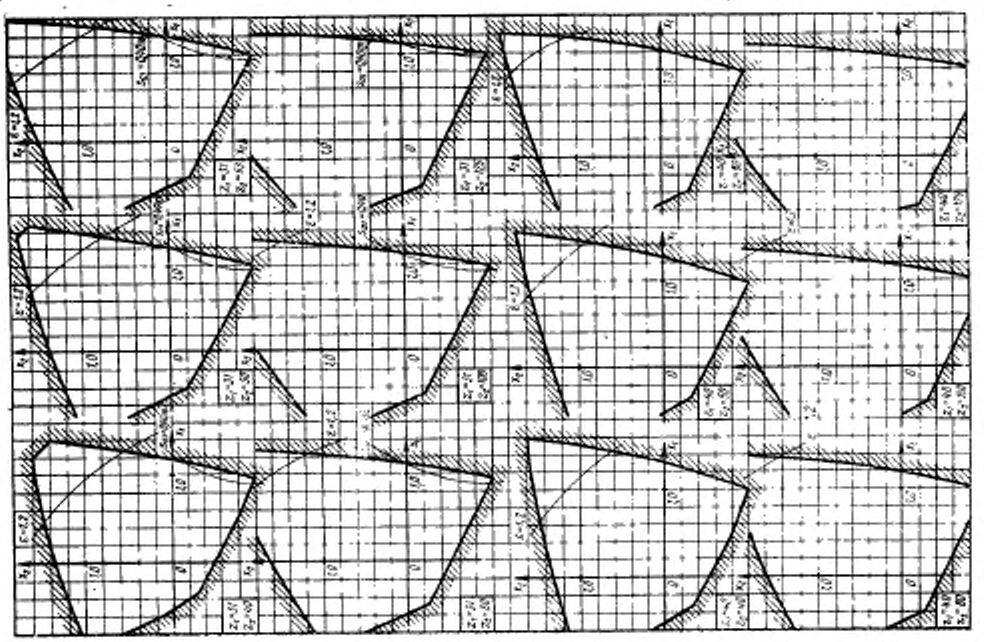
Черт. 2



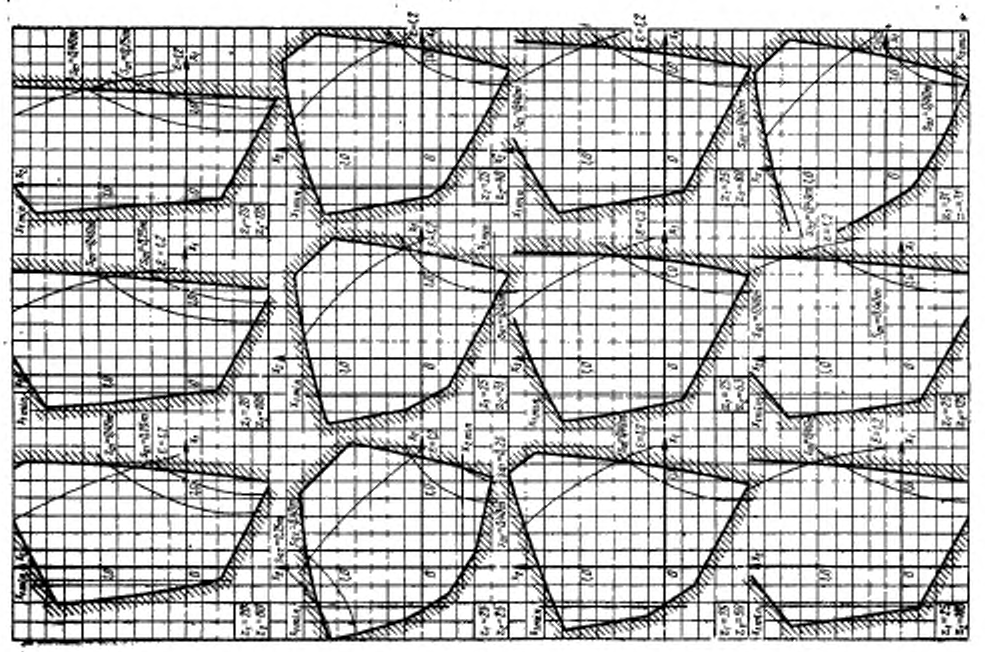
Черт. 4



Черт. 3



Черт. 6



Черт. 5

*ПРИЛОЖЕНИЕ 4*
*Справочное*

## Проверка по геометрическим показателям возможности обработки зубчатого колеса зуборезным долбяком

Таблица 1

### Исходные данные, относящиеся к зуборезному долбяку

| Наименование параметра | Обозначение | Указания | |
|---|---|---|---|
| Число зубьев | $z_0$ | — | При исходных контурах по ГОСТ 13755—81 и ГОСТ 9587—70 принимать зуборезные долбяки соответственно по ГОСТ 9323—79 и ГОСТ 10059—80 |
| Модуль | $m_0$ | $m_0=m$ | |
| Угол наклона | $\beta_0$ | $\beta_0=\beta$ | |
| Делительный диаметр | $d_0$ | — | |
| Диаметр вершин | $d_{a0}$ | — | |
| Нормальная толщина | $s_{n0}$ | — | |
| Угол развернутости профиля, соответствующий точке начала технологического утолщения ножки зуба | $\nu_{f0}$ | При наличии модификации ножки зуба вместо $\nu_{f0}$ должен быть задан угол развернутости профиля, соответствующий начальной точке модификации ножки $\nu_{f0}$ | |

Таблица 2

## ПРОВЕРКА ПО ГЕОМЕТРИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ ВОЗМОЖНОСТИ ОБРАБОТКИ ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА ЗУБОРЕЗНЫМ ДОЛБЯКОМ

| Наименование параметра | Обозначение | Расчетные формулы и указания |
|---|---|---|
| **Проверки отсутствия зуба зубчатого колеса и отсутствия интерференции зубьев зубчатых колес передачи** | | |
| 1. Угол зацепления в станочном зацеплении зубчатого колеса и зуборезного долбяка | $\alpha_{tw0}$ | $\operatorname{inv}\alpha_{tw0}=\frac{s_{n0}+s_n-\pi m}{(z+z_0)m}+\operatorname{inv}\alpha_t$, где $s_n$ — по табл. 3, п. 19 настоящего стандарта |
| 2. Угол профиля зуба зуборезного долбяка в точке на окружности вершин | $\alpha_{a0}$ | $\cos\alpha_{a0}=\frac{d_0}{d_{a0}}\cos\alpha_t$ |
| 3. Межосевое расстояние в станочном зацеплении зубчатого колеса и зуборезного долбяка | $a_{w0}$ | $a_{w0}=\frac{d+d_0}{2}\cdot\frac{\cos\alpha_t}{\cos\alpha_{tw0}}$ |
| 4. Радиус кривизны профиля зуба зубчатого колеса в граничной точке | $\rho_l$ | $\rho_l=a_{w0}\sin\alpha_{tw0}-0{,}5\,d_{a0}\sin\alpha_{a0}$<br>При $\rho_l\geqslant 0$ подрезание зуба зубчатого колеса зуборезным долбяком отсутствует.<br>При $\rho_l\leqslant\rho_p$ интерференция зубьев зубчатых колес передачи отсутствует. Здесь $\rho_p$ — по табл. 4, п. 3 настоящего стандарта |

*Продолжение табл. 2*

| Наименование параметра | Обозначение | Расчетные формулы и указания | |
|---|---|---|---|
| **Проверка отсутствия срезания зуба зубчатого колеса** | | | |
| 5. Радиус кривизны профиля зуба зубчатого колеса в точке на окружности вершин | $\rho_a$ | $\rho_a = 0{,}5 d_a \sin \alpha_a$, где $\alpha_a$ — по табл. 4, п. 2 настоящего стандарта | |
| 6. Радиус кривизны профиля зуба зубчатого колеса в точке начала среза | $\rho_f$ | $\rho_f = a_{tw0} \sin \alpha_{tw0} - 0{,}5 v r_0 d_0 \cos \alpha_f$<br>При $\rho_f > \rho_a$ срезание зуба зубчатого колеса зуборезным долбяком отсутствует | При модификации ножки зуба зуборезного долбяка для определения радиуса кривизны профиля зуба зубчатого колеса в начальной точке модификации головки $\rho_g$ и высоты модификации $h_g$ в формулы вместо $\nu_{r_0}$ и $\rho_f$ следует соответственно подставлять $\nu_{\rho_0}$ и $\rho_g$ |
| 7. Расстояние между окружностью вершин зубчатого колеса и его концентрической окружностью, проходящей через точки начала среза зуба | $h_f$ | $h_f = 0{,}5 d_a - \sqrt{\rho_{f_1}^2 + 0{,}25 d_b^2}$, где $d_b$ — по табл. 4, п. 1 настоящего стандарта | |
| **Проверка диаметра впадин зубчатого колеса** | | | |
| 8. Диаметр впадин зубчатого колеса, обрабатываемого зуборезным долбяком | $d_f$ | $d_f = 2a_{tw0} - d_{a0}$<br>При исходном контуре по ГОСТ 13755—81 допускается уменьшение диаметра не более чем на $0{,}2m$ по сравнению с рассчитанным по формуле, приведенной в табл. 2, п. 16 настоящего стандарта | |

Примечание. При расчете геометрии зубчатой передачи, зубчатые колеса которой окончательно обрабатываются только зуборезным долбяком, следует руководствоваться указаниями:

1. Коэффициенты смещения $x_1$ и $x_2$ у зубчатых колес передачи следует выбирать с учетом того, чтобы обеспечить возможность их обработки зуборезным долбяком.

2. Диаметры вершин зубьев соответственно шестерни и колеса допускается в обоснованных случаях рассчитывать по формулам

$$d_{a1} = 2a_w - d_{f2} - 2c^*m,$$
$$d_{a2} = 2a_w - d_{f1} - 2c^*m,$$

где $d_{f1}$ и $d_{f2}$ — диаметры впадин соответственно шестерни и колеса, обрабатываемых зуборезным долбяком.

*ПРИЛОЖЕНИЕ 5*
*Справочное*

## РАСЧЕТ НЕКОТОРЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ И КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИМЕНЯЕМЫХ В РАСЧЕТЕ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ НА ПРОЧНОСТЬ

Таблица 1

### Расчет геометрических параметров

| Наименование параметра | | Обозначение | Расчетные формулы и указания | |
|---|---|---|---|---|
| 1. Радиус кривизны профиля зуба в заданной точке на концентрической окружности диаметра $d_y$ | | $\rho_y$ | $\rho_y = 0{,}5 d_y \sin \alpha_y$ ,<br>где $\alpha_y$ — по табл. 3, п. 6 настоящего стандарта | |
| 2. Сумма радиусов кривизны профилей зубьев шестерни и колеса в контактных точках | | $\rho_\Sigma$ | $\rho_\Sigma = a_w \sin \alpha_{tw}$ | |
| 3. Составляющая коэффициента торцового перекрытия, определяемая начальными головками зубьев | шестерни | $\varepsilon_{\alpha 1}$ | $\varepsilon_{\alpha 1} = \frac{z_1}{2\pi} (\operatorname{tg} \alpha_{a1} - \operatorname{tg} \alpha_{tw})$ | Формула справедлива, если верхняя точка активного профиля совпадает с точкой профиля на окружности вершин.<br>Если имеется притупление продольной кромки зуба, то вместо $\alpha_{a1}$ и $\alpha_{a2}$ следует соответственно подставлять $\alpha_{k1}$ и $\alpha_{k2}$ .<br>Здесь $\alpha_a$ и $\alpha_k$ по табл. 4, п. 2 настоящего стандарта |
| | колеса | $\varepsilon_{\alpha 2}$ | $\varepsilon_{\alpha 2} = \frac{z_2}{2\pi} (\operatorname{tg} \alpha_{a2} - \operatorname{tg} \alpha_{tw})$ | |
| **Параметры, относящиеся только к косозубым передачам** | | | | |
| 4. Средняя суммарная длина контактных линий | | $l_m$ | $l_m = \frac{b_w \varepsilon_\alpha}{\cos \beta_b}$ .<br>Здесь:<br>$b_w$ — рабочая ширина венца,<br>$\varepsilon_\alpha$ — по табл. 6, п. 3 настоящего стандарта,<br>$\beta_b$ — по табл. 4, п. 11 настоящего стандарта | |
| 5. Наименьшая суммарная длина контактных линий | | $l_{min}$ | $l_{min} = l_m \left(1 - \frac{n_\alpha \; n_\beta}{\varepsilon_\alpha \; \varepsilon_\beta}\right)$ при $n_\alpha + n_\beta \leqslant 1$<br>$l_{min} = l_m \left[1 - \frac{(1-n_\alpha)\,(1-n_\beta)}{\varepsilon_\alpha \; \varepsilon_\beta}\right]$ при $n_\alpha + n_\beta > 1$ .<br>Здесь $n_\alpha$ и $n_\beta$ — дробные части величин $\varepsilon_\alpha$ и $\varepsilon_\beta$ , рассчитанных по табл. 6, пп. 3 и 4 настоящего стандарта | |
| 6. Коэффициент среднего изменения суммарной длины контактных линий | | $k_\varepsilon$ | $k_\varepsilon = \frac{l_{min}}{l_m}$ .<br>Упрощенное определение $k_\varepsilon$ при $\varepsilon_\beta \leqslant 3$ производится по графикам на черт. 1 и 2.<br>При $\varepsilon_\beta > 3$ допускается принимать $k_\varepsilon = 1$ | |

*Продолжение табл. 1*

| Наименование параметра | Обозначение | Расчетные формулы и указания |
|---|---|---|
| **Параметры, относящиеся только к прямозубым передачам** | | |
| 7. Радиус кривизны профиля зуба в верхней граничной точке однопарного зацепления | $\rho_a$ | $\rho_a = \rho_\rho + \rho_\alpha$.<br>Здесь:<br>$\rho_\rho$ — по табл. 4, п. 3 настоящего стандарта,<br>$\rho_\alpha$ — по табл. 5, п. 1 настоящего стандарта |
| 8. Угол профиля зуба в верхней граничной точке однопарного зацепления | $\alpha_a$ | $\operatorname{tg} \alpha_a = \frac{2\rho_a}{d_b}$,<br>где $d_b$ — по табл. 4, п. 1 настоящего стандарта |
| 9. Диаметр окружности верхних граничных точек однопарного зацепления | $d_a$ | $d_a = \frac{2\rho_a}{\sin \alpha_a}$ |
| 10. Расстояние между окружностью диаметра $(d_a + 2\,\Delta y \cdot m)$ и окружностью верхних граничных точек однопарного зацепления | $h_a$ | $h_a = 0{,}5(d_a - d_a) + \Delta y \cdot m$ |

Таблица 2

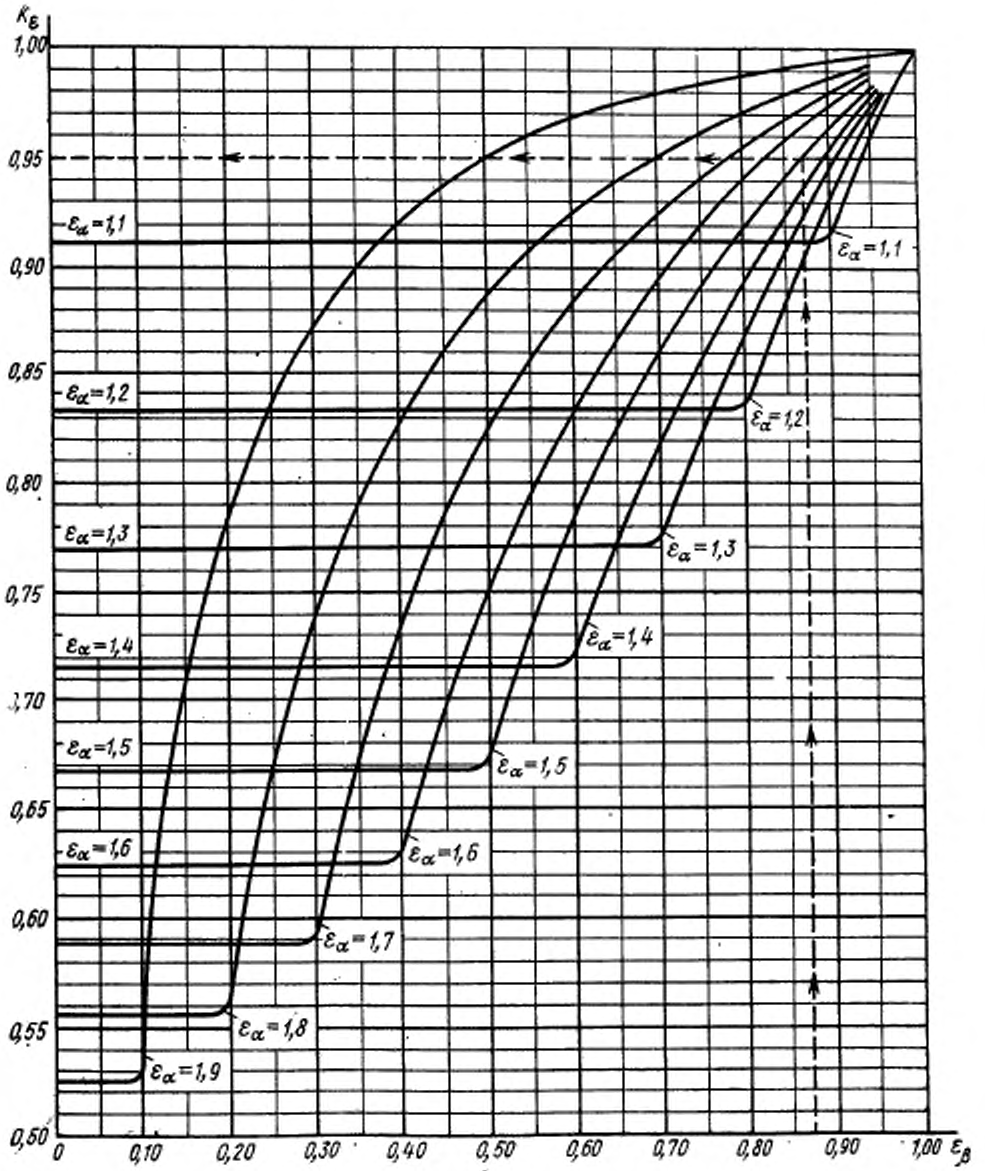
## Расчет кинематических параметров

| Наименование параметра | | Обозначение | Расчетные формулы и указания | |
|---|---|---|---|---|
| 1. Скорость общей точки по профилю зуба в заданной контактной точке | | $v_{Fy}$ | $v_{Fy} = \omega \rho_y$,<br>где $\omega$ — угловая скорость зубчатого колеса,<br>$\rho_y$ — по табл. 1. | |
| 2. Сумма скоростей общей точки по профилям зубьев шестерни и колеса в заданных контактных точках | | $v_{\Sigma y}$ | $v_{\Sigma y} = v_{Fy1} + v_{Fy2}$ | |
| 3. Скорость скольжения в заданной контактной точке профиля зуба | шестерни | $v_{sy1}$ | $v_{sy1} = v_{Fy1} - v_{Fy2}$ | |
| | колеса | $v_{sy2}$ | $v_{sy2} = -v_{sy1}$ | |
| 4. Скорость скольжения в точке профиля зуба на окружности вершин | шестерни | $v_{sa1}$ | $v_{sa1} = 0{,}5\omega_1 d_{b1} (\operatorname{tg} \alpha_{a1} - \operatorname{tg} \alpha_{tw})(u+1)$ | Если имеется притупление продольной кромки зуба, то следует рассчитать скорость скольжения в точке притупления. Для этого вместо $\alpha_{a1}$ и $\alpha_{a2}$ следует соответственно подставлять $\alpha_{k1}$ и $\alpha_{k2}$.<br>Здесь $d_b$, $\alpha_a$ и $\alpha_k$ — по табл. 4, пп. 1 и 2 настоящего стандарта |
| | колеса | $v_{sa2}$ | $v_{sa2} = 0{,}5\omega_2 d_{b2} (\operatorname{tg} \alpha_{a2} - \operatorname{tg} \alpha_{tw})(u+1)$ | |
| 5. Удельное скольжение в заданной контактной точке профиля зуба | | $\delta_y$ | $\delta_y = \frac{v_{sy}}{v_{Fy}}$ | |

*Продолжение табл. 2*

| Наименование параметра | | Обозначение | Расчетные формулы и указания | |
|---|---|---|---|---|
| 6. Удельное скольжение в нижней точке активного профиля зуба | шестерни | $\vartheta_{\rho 1}$ | $\vartheta_{\rho 1} = -\frac{(\operatorname{tg}\alpha_{a2} - \operatorname{tg}\alpha_{tw})\ (u+1)}{\operatorname{tg}\alpha_{tw} - u(\operatorname{tg}\alpha_{a2} - \operatorname{tg}\alpha_{tw})}$ | Если имеется притупление продольной кромки зуба, вместо $\alpha_{a1}$ и $\alpha_{a2}$ следует подставлять соответственно $\alpha_{k1}$ и $\alpha_{k2}$.<br>Здесь $\alpha_a$ и $\alpha_k$ — по табл. 4, п. 2 настоящего стандарта |
| | колеса | $\vartheta_{\rho 2}$ | $\vartheta_{\rho 2} = -\frac{(\operatorname{tg}\alpha_{a1} - \operatorname{tg}\alpha_{tw})\ (u+1)}{u\operatorname{tg}\alpha_{tw} - (\operatorname{tg}\alpha_{a1} - \operatorname{tg}\alpha_{tw})}$ | |
| **Параметры, относящиеся только к прямозубым передачам** | | | | |
| 7. Угол профиля зуба в нижней граничной точке однопарного зацепления | шестерни | $\alpha_{v1}$ | $\operatorname{tg}\alpha_{v1} = \frac{2(a_w \sin\alpha_w - \rho_{a2})}{d_{b1}}$ | Здесь $\rho_a$ — по табл. 1, п. 7 |
| | колеса | $\alpha_{v2}$ | $\operatorname{tg}\alpha_{v2} = \frac{2(a_w \sin\alpha_w - \rho_{a1})}{d_{b2}}$ | |
| 8. Скорость скольжения в верхней граничной точке однопарного зацепления | шестерни | $v_{\Sigma 1}$ | $v_{\Sigma 1} = 0{,}5\omega_2 d_{b1}(\operatorname{tg}\alpha_{a1} - \operatorname{tg}\alpha_w)(u+1)$ | Здесь $\alpha_a$ — по табл. 1, п. 8 |
| | колеса | $v_{\Sigma 2}$ | $v_{\Sigma 2} = 0{,}5\omega_2 d_{b2}(\operatorname{tg}\alpha_{a2} - \operatorname{tg}\alpha_w)(u+1)$ | |
| 9. Удельное скольжение в нижней граничной точке однопарного зацепления | шестерни | $\vartheta_{v1}$ | $\vartheta_{v1} = -\frac{(\operatorname{tg}\alpha_{a2} - \operatorname{tg}\alpha_w)(u+1)}{\operatorname{tg}\alpha_w - u(\operatorname{tg}\alpha_{a2} - \operatorname{tg}\alpha_w)}$ | |
| | колеса | $\vartheta_{v2}$ | $\vartheta_{v2} = -\frac{(\operatorname{tg}\alpha_{a1} - \operatorname{tg}\alpha_w)(u+1)}{u\operatorname{tg}\alpha_w - (\operatorname{tg}\alpha_{a1} - \operatorname{tg}\alpha_w)}$ | |

**График для определения величины $k_\varepsilon$ ($0 < \varepsilon_\beta \leqslant 1{,}0$)**

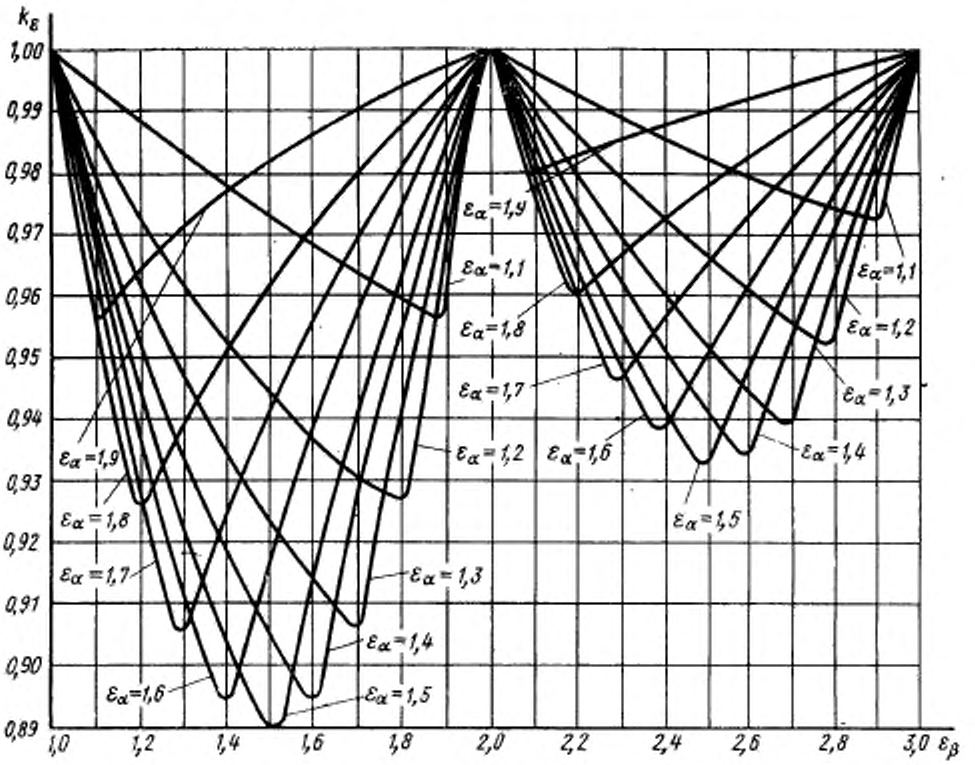



Черт. 1

**Пример.** Дано: $\varepsilon_\alpha = 1{,}50$; $\varepsilon_\beta = 0{,}87$.

По графику определяем $k_\varepsilon = 0{,}95$ (см. пунктир).

**График для определения величины $k_\varepsilon$ ($1{,}0 \leqslant \varepsilon_\beta \leqslant 3{,}0$)**




Черт. 2

## СОДЕРЖАНИЕ


ГОСТ 16530—83 Передачи зубчатые. Общие термины, определения и обозначения . 3
1. Понятия, относящиеся к зубчатому колесу . . . . . 3
2. Понятия, относящиеся к зубчатому зацеплению и зубчатой передаче . . . . . 21
3. Виды зубчатых колес и передач . . . . . .
4. Понятия, относящиеся к методу образования зубьев зубчатых колес передачи . . . . . 38
Алфавитный указатель терминов . . . . . 41
Алфавитный удазатель обозначений на основе латинского алфавита . . . . . 48
Алфавитный указатель обозначений на основе греческого алфавита . . . . . 49
ГОСТ 16531—83 Передачи зубчатые цилиндрические. Термины, определения и обозначения . . . . . 52
1. Виды цилиндрических зубчатых колес и передач . . . . 52
2. Элементы и параметры цилиндрического зубчатого колеса . 55
3. Сечения и параметры зубчатой рейки . . . . . 58
4. Исходный и исходные производящие контуры и их параметры
5. Параметры цилиндрической передачи . . . . . 59
6. Элементы и параметры эвольвентной цилиндрической зубчатой передачи . . . . . 64
7. Цилиндрические передачи Новикова . . . . . 67
Правила построения терминов и определений видовых понятий цилиндрических зубчатых передач . . . . . 69
Алфавитный указатель терминов . . . . . 70
Алфавитный указатель обозначений . . . . . 74
ГОСТ 16532—70 Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет геометрии . . . . . 77
1. Общие положения . . . . . 77
2. Расчет геометрических параметров . . . . . 78
Таблица 1. Исходные данные для расчета . . . . . 78
Таблица 2. Расчет основных геометрических параметров . . 79
Таблица 3. Расчет размеров для контроля взаимного положения разноименных профилей зубьев . . . . . 80
Таблица 4. Расчет размеров для контроля номинальной поверхности зуба . . . . . 84
Таблица 5. Расчет размеров для контроля взаимного положения одноименных профилей зубьев . . . . . 85
Таблица 6. Проверка качества зацепления по геометрическим показателям . . . . . 85
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Упрощенный расчет геометрических параметров 87
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Выбор коэффициентов смещения . . . . 105
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Блокирующие контуры . . . . . 108
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Проверка по геометрическим показателям возможности обработки зубчатого колеса зуборезным долбяком . . . . . 112
ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Расчет некоторых геометрических и кинематических параметров, применяемых в расчете зубчатой передачи на прочность . . . . . 114

Редактор *Р. С. Федорова*
Технический редактор *Л. Я. Митрофанова*
Корректор *А. П. Якуничкина*

gost.e-ecolog.ru

Сдано в наб. 31.03.83 Подп. в печ. 18.10.83 15,0 п. л. 13,80 уч.-изд. л. Тир. 30000 Цена 70 коп.

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123557, Москва, Новопресненский пер., 3.
Калужская типография стандартов, ул. Московская, 256. Зак. 1069