

**ПЕРЕДАЧИ ЗУБЧАТЫЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ  
ЭВОЛЬВЕНТНЫЕ ВНЕШНЕГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ**

**Расчет геометрии**

Cylindrical 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 торцевый 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.

## 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
<b>Расчет коэффициентов смещения <math>x_1</math> и <math>x_2</math> при заданном межосевом расстоянии <math>a_w</math></b>		
1. Делительное межосевое расстояние	$a$	$a = \frac{(z_1+z_2)m}{2 \cos \beta}$
2. Угол профиля	$\alpha_t$	$\tan \alpha_t = \frac{\tan \alpha}{\cos \beta}$
3. Угол зацепления	$\alpha_{tw}$	$\cos \alpha_{tw} = \frac{a}{a_w} \cos \alpha_t$
4. Коэффициент суммы смещений	$x_\Sigma$	$x_\Sigma = \frac{(z_1+z_2)(\operatorname{inv} \alpha_{tw} - \operatorname{inv} \alpha_t)}{2 \tan \alpha}$
5. Коэффициент смещения у шестерни	$x_1$	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
у колеса	$x_2$	
<b>Расчет межосевого расстояния <math>a_w</math> при заданных коэффициентах смещения <math>x_1</math> и <math>x_2</math></b>		
6. Коэффициент суммы смещений	$x_\Sigma$	$x_\Sigma = x_1 + x_2$
7. Угол профиля	$\alpha_t$	$\tan \alpha_t = \frac{\tan \alpha}{\cos \beta}$
8. Угол зацепления	$\alpha_{tw}$	$\operatorname{inv} \alpha_{tw} = \frac{2x_\Sigma \tan \alpha}{z_1 + z_2} + \operatorname{inv} \alpha_t$
9. Межосевое расстояние	$a_w$	$a_w = \frac{(z_1+z_2)m}{2 \cos \beta} \cdot \frac{\cos \alpha_t}{\cos \alpha_{tw}}$
<b>Расчет диаметров зубчатых колес</b>		
10. Делительный диаметр	шестерни	$d_1 = \frac{z_1 m}{\cos \beta}$
	колеса	$d_2 = \frac{z_2 m}{\cos \beta}$
11. Передаточное число	$u$	$u = \frac{z_2}{z_1}$
12. Начальный диаметр	шестерни	$d_{w1} = \frac{2a_w}{u+1}$
	колеса	$d_{w2} = \frac{2a_w u}{u+1}$
13. Коэффициент воспринимаемого смещения	$y$	$y = \frac{a_w - a}{m}$
14. Коэффициент уравнительно-го смещения	$\Delta y$	$\Delta y = x_\Sigma - y$

Продолжение табл. 2

Наименование параметра	Обозначение	Расчетные формулы и указания
15. Диаметр вершин зубьев	шестерни	$d_{a1} = d_1 + 2(h_a^* + x_1 - \Delta y)m$
	колеса	$d_{a2} = d_2 + 2(h_a^* + x_2 - \Delta y)m$
16. Диаметр впадин	шестерни	$d_{f1} = d_1 - 2(h_a^* + c^* - x_1)m$
	колеса	$d_{f2} = d_2 - 2(h_a^* + c^* - x_2)m$

## Примечания:

- Для прямозубых передач  $\beta = 0^\circ$ , тогда  $a = 0,5(z_1 + z_2)m$ ,  $\alpha_t = \alpha$ ,  $d = zm$ .
- При  $a = a_w = \alpha_t$ ,  $x_\Sigma = 0$ ,  $d_w = d$ ,  $y = 0$  и  $\Delta y = 0$ .
- При  $x_\Sigma = 0$  получаем  $\alpha_{tw} = \alpha_t$ ,  $a_w = a$ ,  $d_w = d$ ,  $y = 0$  и  $\Delta y = 0$ .
- 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	$\bar{s}_c$	$\bar{s}_c = \left( \frac{\pi}{2} \cos^2 \alpha + x \sin 2\alpha \right) m$ <p>Должно выполняться условие</p> $\rho_s > \rho_p$ <p>Здесь:  <math>\rho_s</math> — радиус кривизны разноименных профилей зуба в точках, определяющих постоянную хорду</p> $\rho_s = 0,5 \left( d_b \operatorname{tg} \alpha_t + \bar{s}_c \frac{\cos \beta_b}{\cos \alpha} \right),$ <p>где <math>d_b</math> — по табл. 4, п. 1,  <math>\beta_b</math> — по табл. 4, п. 11,  <math>\rho_p</math> — по табл. 4, п. 3.</p> <p>При модификации головки должно выполняться дополнительное условие</p> $\rho_s < \rho_g,$ <p>где <math>\rho_g</math> — по табл. 4, п. 5</p>
2. Высота до постоянной хорды	$\bar{h}_c$	$\bar{h}_c = 0,5(d_a - d - \bar{s}_c \operatorname{tg} \alpha)$

## Расчет длины общей нормали

3. Угол профиля в точке на концентрической окружности диаметра $d_x = d + 2xm$	$\alpha_x$	$\cos \alpha_x = \frac{z \cos \alpha_t}{z + 2x \cos \beta}$
		При $\frac{z \cos \alpha_t}{z + 2x \cos \beta} \geq 1$ следует принимать $z_w \geq 3$

Продолжение табл. 3

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

## 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 $d_y$	$s_{ty}$	$s_{ty} = d_y \left( \frac{\frac{\pi}{2} + 2x \operatorname{tg} \alpha}{z} + \operatorname{inv} \alpha_t - \operatorname{inv} \alpha_y \right)$

Наименование параметра	Обозначение	Расчетные формулы и указания
8. Угол наклона линии зуба со основой цилиндрической поверхности диаметра $d_y$	$\beta_y$	$\tan \beta_y = \frac{d_y}{d} \tan \beta$
9. Половина угловой толщины зуба эквивалентного зубчатого колеса, соответствующая концентрической окружности диаметра	$\psi_{yv}$	$\psi_{yv} \approx \frac{s_{ty}}{d_y} \cos^3 \beta_y$
$\frac{d_y}{\cos^2 \beta_y}$		
10. Толщина по хорде	$\bar{s}_y$	$\bar{s}_y = d_y \frac{\sin \psi_{yv}}{\cos^2 \beta_y}$
11. Высота до хорды	$\bar{h}_{ay}$	$\bar{h}_{ay} = 0,5[d_a - d_y + \frac{d_y}{\cos^2 \beta_y}(1 - \cos \psi_{yv})]$

## Расчет размера по роликам (шарикам)

12. Диаметр ролика (шарика)	$D$	При $\alpha = 20^\circ$ (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)	$\alpha_D$	$\operatorname{inv} \alpha_D = \frac{D}{zm \cos \alpha} + \operatorname{inv} \alpha_t - \frac{\frac{\pi}{2} - 2x \tan \alpha}{z}$
14. Диаметр концентрической окружности зубчатого колеса, проходящей через центр ролика (шарика)	$d_D$	$d_D = d \frac{\cos \alpha_t}{\cos \alpha_D}$ Должно выполняться условие $\rho_M < \rho_a$ Здесь: $\rho_M$ — радиус кривизны разноименных профилей зубьев в точках контакта поверхности ролика (шарика) с главными поверхностями зубьев $\rho_M = 0,5(d_b \tan \alpha_D - \frac{D}{\cos \beta_b})$ , где $d_b$ — по табл. 4, п. 1, $\beta_b$ — по табл. 4, п. 11. Если имеется притупление продольной кромки зуба, в неравенство вместо $\rho_a$ следует подставлять значение радиуса кривизны профиля зуба в точке притупления $\rho_k$ $\rho_k = 0,5d_k \sin \alpha_k$ , где $d_k$ и $\alpha_k$ — по табл. 4, п. 2. При модификации головки в неравенство вместо $\rho_a$ следует подставлять значение $\rho_g$ , 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)		$M = d_D + D$ Должно выполняться условие $d_D + D > d_a,$
16. Размер по роликам (шарикам) прямозубых зубчатых колес с нечетным числом зубьев (в торцовом сечении)	$M$	$M = d_D \cos \frac{90^\circ}{z} + D$
17. Минимальный размер по роликам (шарикам) косозубых зубчатых колес с нечетным числом зубьев, а также с четным числом зубьев при $\beta > 45^\circ$		$M = \frac{d_D}{2 \operatorname{tg} \beta_D} \sqrt{\lambda^2 + 4 \operatorname{tg}^2 \beta_D \cos^2 \left( \frac{90^\circ}{z} + \frac{\lambda}{2} \right)} + D$ где $\operatorname{tg} \beta_D = \frac{\cos \alpha_l \operatorname{tg} \beta}{\cos \alpha_D}$ и $\lambda$ — корень уравнения $\sin(\gamma + \lambda) \operatorname{tg}^2 \beta_D - \lambda = 0,$ где $\gamma = 0$ — для зубчатых колес с четным числом зубьев; $\gamma = \frac{180^\circ}{z}$ — для зубчатых колес с нечетным числом зубьев Упрощенное определение $\lambda$ приведено в табл. 2 приложения 1 Минимальный размер по роликам (шарикам) косозубых зубчатых колес с четным числом зубьев при $\beta < 45^\circ$ совпадает с размером в торцовом сечении
18. Нормальная толщина	$s_n$	$s_n = \left( \frac{\pi}{2} + 2x \operatorname{tg} \alpha \right) m$

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	$\alpha_a$	$\cos \alpha_a = \frac{d_b}{d_a}$ 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	$r_{p1} = a_w \sin \alpha_{tw} - 0,5d_{b2} \tan \alpha_{a2}$
	колеса	$r_{p2} = a_w \sin \alpha_{tw} - 0,5d_{b1} \tan \alpha_{a1}$
4. Угол развернутости активного профиля зуба в нижней точке	$\nu_p$	$\nu_p = \frac{2r_p}{d_b}$ Формула справедлива, если верхняя точка активного профиля сопряженного зубчатого колеса совпадает с точкой профиля на его окружности вершин. Если имеется притупление продольной кромки зуба, то вместо $\alpha_{a1}$ и $\alpha_{a2}$ следует подставлять соответственно $\alpha_{k1}$ и $\alpha_{k2}$
Дополнительный расчет при модификации головки исходного контура		
5. Радиус кривизны профиля зуба в начальной точке модификации головки	$r_g$	$r_g = 0,5d \sin \alpha_t + \frac{h_a^* - h_g^* + x}{\sin \alpha_t} \cdot m$
6. Угол развернутости профиля зуба, соответствующий начальной точке модификации головки	$\nu_g$	$\nu_g = \frac{2r_g}{d_b}$
7. Диаметр окружности модификации головок зубьев	$d_g$	$d_g = \sqrt{d_b^2 + 4r_g^2}$
8. Угол линии модификации головки торцового исходного контура в начальной точке модификации	$\alpha_{tM}$	$\tan \alpha_{tM} = \frac{\Delta^*}{h_g^* \cos \beta} + \tan \alpha_t$ 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	$\Delta_{at}$	$\Delta_{at} \approx \frac{d_b - d_{bM}}{2d_{bM}} \left( \sqrt{d_a^2 - d_{bM}^2} - \sqrt{d_g^2 - d_{bM}^2} \right)$ 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	$p_a$	$p_a = \pi m \cos \alpha$
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
<b>Проверка отсутствия подрезания зуба</b>		
1. Коэффициент наименьшего смещения	$x_{\min}$	$x_{\min} = h_l^* - h_a^* - \frac{z \sin^2 \alpha_t}{2 \cos \beta}$ <p>При <math>x &gt; x_{\min}</math> подрезание зуба исходной производящей рейкой отсутствует.</p> <p>При <math>\alpha = 20^\circ</math> и <math>h_l^* - h_a^* = 1</math> (включая исходный контур по ГОСТ 13755—81), упрощенный расчет <math>x_{\min}</math> приведен в табл. 3 приложения 1</p>
<b>Проверка отсутствия интерференции зубьев</b>		
2. Радиус кривизны в граничной точке профиля зуба	$\rho_l$	$\rho_l = 0,5d \sin \alpha_t - \frac{h_l^* - h_a^* - x}{\sin \alpha_t} m.$ <p>При <math>\rho_l &lt; \rho_p</math> интерференция зубьев отсутствует.</p> <p>Здесь <math>\rho_p</math> — по табл. 4, п. 3.</p> <p>При подрезании зуба <math>\rho_l &lt; 0</math></p>
<b>Проверка коэффициента перекрытия</b>		
3. Коэффициент торцевого перекрытия	$\varepsilon_\alpha$	$\varepsilon_\alpha = \frac{z_1 \operatorname{tg} \alpha_{a1} + z_2 \operatorname{tg} \alpha_{a2} - (z_1 + z_2) \operatorname{tg} \alpha_{tw}}{2\pi},$ <p>где <math>\alpha_{a1}</math> и <math>\alpha_{a2}</math> — по табл. 4, п. 2.</p> <p>Формула справедлива, если отсутствует интерференция зубьев и верхняя точка активного профиля совпадает с точкой профиля на окружности вершин.</p> <p>Если имеется притупление продольной кромки зуба, то вместо <math>\alpha_{a1}</math> и <math>\alpha_{a2}</math> следует соответственно подставлять <math>\alpha_{k1}</math> и <math>\alpha_{k2}</math>, где <math>\alpha_{k1}</math> и <math>\alpha_{k2}</math> — по табл. 4., п. 2.</p> <p>Для прямозубых передач рекомендуется <math>\varepsilon_\alpha \geq 1,2</math>.</p> <p>Для косозубых передач рекомендуется <math>\varepsilon_\alpha \geq 1,0</math>.</p> <p>При <math>\alpha = 20^\circ</math> и <math>h_a^* = 1</math> (включая исходные контуры по ГОСТ 13755—81 и ГОСТ 9587—70), упрощенный расчет <math>\varepsilon_\alpha</math> передачи без смещения приведен в табл. 3 приложения 1</p>
4. Коэффициент осевого перекрытия	$\varepsilon_\beta$	$\varepsilon_\beta = \frac{b_w}{p_x},$ <p>где <math>b_w</math> — рабочая ширина венца,</p> <p><math>p_x</math> — по табл. 5, п. 2.</p> <p>Рекомендуется <math>\varepsilon_\beta \geq 1,0</math></p>

Наименование параметра	Обозначение	Расчетные формулы и указания
5. Коеффициент перекрытия	$\epsilon_{\gamma}$	$\epsilon_{\gamma} = \epsilon_a + \epsilon_b$
<b>Дополнительный расчет при модификации головки исходного контура</b>		
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, пл. 1 и 7.
<b>Проверка нормальной толщины на поверхности вершин</b>		
8. Угол наклона линии вершины зуба	$\beta_a$	$\tan \beta_a = \frac{d_a}{d} \tan \beta$
9. Нормальная толщина на поверхности вершин	$s_{na}$	$s_{na} = d_a \left( \frac{\frac{\pi}{2} + 2x \tan \alpha}{z} + \operatorname{inv} \alpha_t - \operatorname{inv} \alpha_a \right) \cos \beta_a.$ <p>Рекомендуется <math>s_{na} &gt; 0,3m</math> при однородной структуре материала зубьев и <math>s_{na} &gt; 0,4m</math> при поверхностном упрочнении зубьев. При <math>\alpha = 20^\circ</math> и <math>h_a^* = 1</math> (включая исходные контуры по ГОСТ 13755—81 и ГОСТ 9587—70), если притупление продольных кромок не учитывается, упрощенный расчет <math>s_{na}</math> приведен в табл. 3 приложения 1</p>

**Примечания:**

1. При  $\alpha = 20^\circ$  и  $h_a^* = 1$  (включая исходные контуры по ГОСТ 13755—81 и ГОСТ 9587—70) проверки коэффициента торцевого перекрытия и нормальной толщины на поверхности вершин производятся по приложению 3. По этому же приложению при  $\alpha = 20^\circ$  и  $h_l^* = h_a^* = 1$  (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

**Расчет некоторых основных геометрических параметров**

Таблица 1

Наименование параметра	Обозначение	Расчетные формулы и указания
<b>Расчет коэффициента суммы смещений <math>x_{\Sigma}</math> при заданном межосевом расстоянии <math>a_w</math></b>		
1. Коэффициент воспринимаемого смещения	$y$	$y = \frac{a_w}{m} - \frac{z_1+z_2}{2 \cos \beta}$
2. Вспомогательная величина	$A$	$A = \frac{1000 y \cos \beta}{z_1+z_2}$
	$B$	Определяется по номограмме на черт. 1
	$\mu$	Определяется по графику на черт. 2 Если $\beta=0$ , то $\mu=0$
3. Коэффициент уравнительного смещения	$\Delta y$	$\Delta y = \left( \frac{B}{1000} - \mu \right) \frac{z_1+z_2}{\cos \beta}$
4. Коэффициент суммы смещений	$x_{\Sigma}$	$x_{\Sigma} = y + \Delta y$
<b>Расчет межосевого расстояния <math>a_w</math> при заданных коэффициентах смещения <math>x_1</math> и <math>x_2</math></b>		
5. Коэффициент суммы смещений	$x_{\Sigma}$	$x_{\Sigma} = x_1 + x_2$
6. Вспомогательная величина	$B$	$B = \frac{1000 x_{\Sigma} \cos \beta}{z_1+z_2}$
	$G$	Определяется по номограмме на черт. 3
	$v$	Определяется по графику на черт. 4 Если $\beta=0$ , то $v=0$
7. Коэффициент уравнительного смещения	$\Delta y$	$\Delta y = \left( \frac{G}{1000} - v \right) \frac{z_1+z_2}{\cos \beta}$
8. Коэффициент воспринимаемого смещения	$y$	$y = x_{\Sigma} - \Delta y$
9. Межосевое расстояние	$a_w$	$a_w = \left( \frac{z_1+z_2}{2 \cos \beta} + y \right) m$
<b>Расчет угла зацепления прямозубой передачи <math>\alpha_w</math> и угла профиля <math>\alpha_t</math></b>		
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 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
<b>Расчет постоянной хорды и высоты до постоянной хорды</b>		
1. Постоянная хорда, выраженная в долях модуля	$\bar{s}_c^*$	Определяется по табл. 4
2. Постоянная хорда	$\bar{s}_c$	$\bar{s}_c = \bar{s}_c^* m$ <p>Если значения <math>\bar{s}_c^*</math> находятся в пределах, определяемых по табл. 4 при <math>h_l^* - h_a^* \geq 1</math> (включая исходные контуры по ГОСТ 13755—81 и ГОСТ 9587—70), проверку условия <math>\rho_s &gt; \rho_p</math> производить не требуется. Здесь:  <math>\rho_s</math> — по табл. 3, п. 1 настоящего стандарта,  <math>\rho_p</math> — по табл. 4, п. 3 настоящего стандарта.  При исходном контуре по ГОСТ 13755—81 с модификацией головки <math>h_g^* = 0,45</math> и <math>x &gt; 0</math> проверку условия <math>\rho_s &gt; \rho_g</math> производить не требуется.  Здесь <math>\rho_g</math> — по табл. 4, п. 5 настоящего стандарта</p>
3. Расстояние постоянной хорды от делительной окружности, выраженное в долях модуля	$\bar{h}_\Delta^*$	Определяется по табл. 4.
4. Высота до постоянной хорды	$\bar{h}_c$	$\bar{h}_c = 0,5(d_a - d) - \bar{h}_\Delta^* m$
<b>Расчет длины общей нормали</b>		
5. Условное число зубьев	$z_K$	$z_K = Kz$ <p>Здесь <math>K</math> определяется по табл. 5.  Если <math>\beta = 0</math>, то <math>z_K = z</math></p>
6. Часть длины общей нормали, определяемая целой частью $z_T$ величины $z_K$ , выраженная в долях модуля	$W_T^*$	<p>Определяется по табл. 6.  Если <math>\beta = 0</math>, то <math>z_T = z</math></p>
7. Часть длины общей нормали, определяемая дробной частью величины $z_K$ , выраженная в долях модуля	$W_n^*$	$W_n^* = 0,0140(z_K - z_T)$ <p>Если <math>\beta = 0</math>, то <math>W_n^* = 0</math></p>
8. Часть длины общей нормали, определяемая смещением исходного контура, выраженная в долях модуля	$W_x^*$	$W_x^* = 0,6840x$
9. Длина общей нормали	$W$	$W = (W_T^* + W_n^* + W_x^*) m$ <p>Если значения <math>W_T^*</math> находятся в пределах, определяемых табл. 6 при <math>h_a^* = 1, h_l^* - h_a^* \geq 1</math> (включая исходные контуры по ГОСТ 13755—81 и ГОСТ 9587—70) и значения <math>d_a</math> рассчитанном по формулам, приведенным в табл. 2 п. 15 настоящего стандарта, проверку условия <math>\rho_p &lt; \rho_W &lt; \rho_a</math> производить не требуется.  Здесь:  <math>\rho_p</math> — по табл. 4, п. 3 настоящего стандарта,  <math>\rho_W</math> и <math>\rho_a</math> — по табл. 3, п. 5 настоящего стандарта.</p>

Продолжение табл. 2

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

Таблица 3

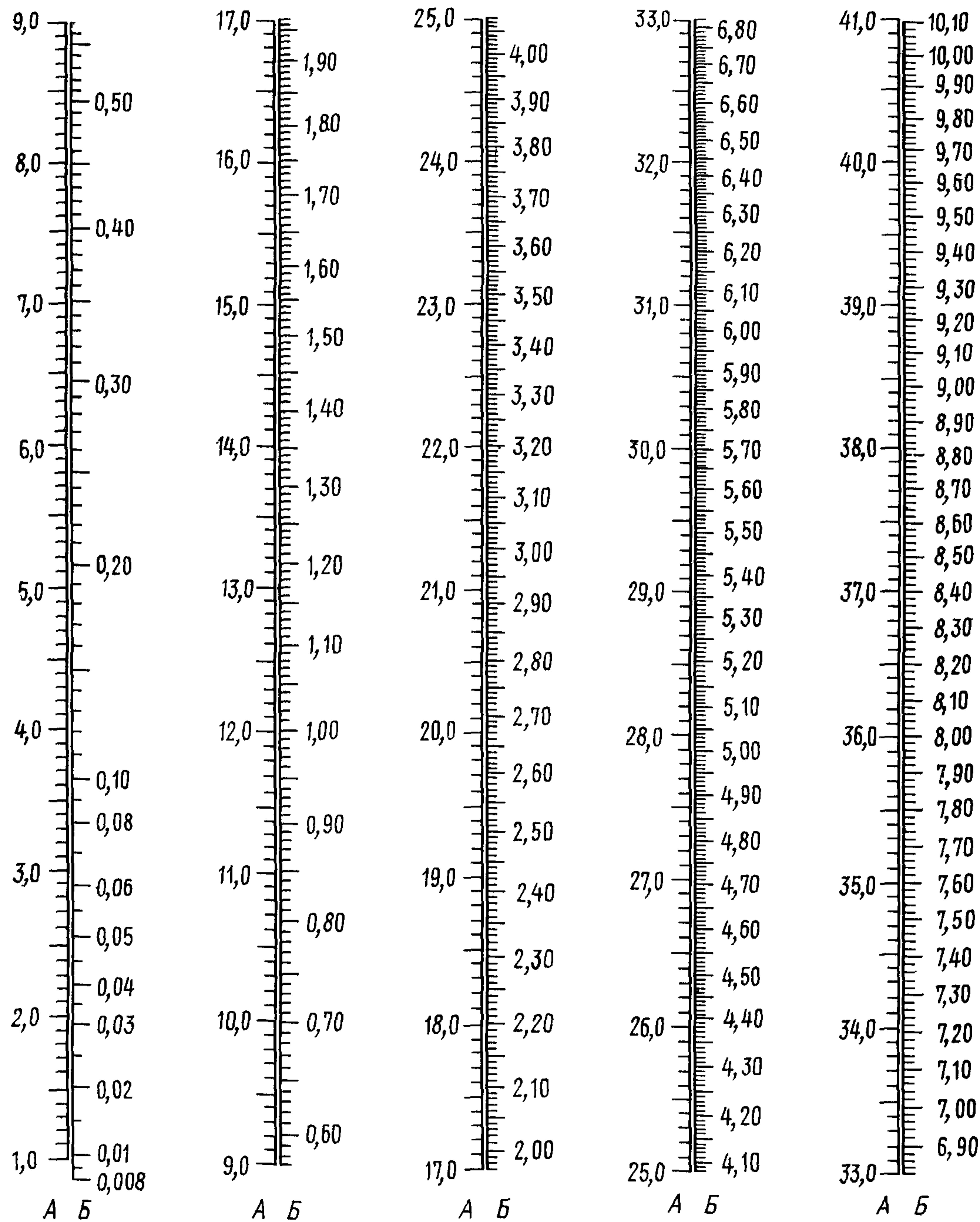
**Расчет некоторых геометрических показателей, определяющих качество зацепления**

Наименование параметра	Обозначение	Расчетные формулы и указания
<b>Расчет коэффициента наименьшего смещения</b>		
1. Коэффициент наименьшего смещения	$x_{min}$	Определяется по графику на черт. 8.
<b>Расчет коэффициента торцового перекрытия передачи без смещения</b>		
2. Составляющая коэффициента перекрытия передачи без смещения, определяемая начальными головками зубьев	шестерни колеса	$\epsilon_{a1}$ $\epsilon_{a2}$
		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
3. Коэффициент торцового перекрытия передачи без смещения		$\epsilon_a = \epsilon_{a1} + \epsilon_{a2}$
<b>Расчет нормальной толщины на поверхности вершин</b>		
4. Эквивалентное число зубьев	$z_v$	$z_v = \frac{z}{\cos^2 \beta}$ (округляется до ближайшего целого числа) 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  $B$  при заданном межосевом расстоянии**

$a_w (\alpha = 20^\circ, a_w > a)$

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



Черт. 1

**Пример. Дано:**

$z_1 = 9, z_2 = 26, m = 6 \text{ мм}, \beta = 22^\circ, a_w = 118 \text{ мм.}$

**Расчет:**

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

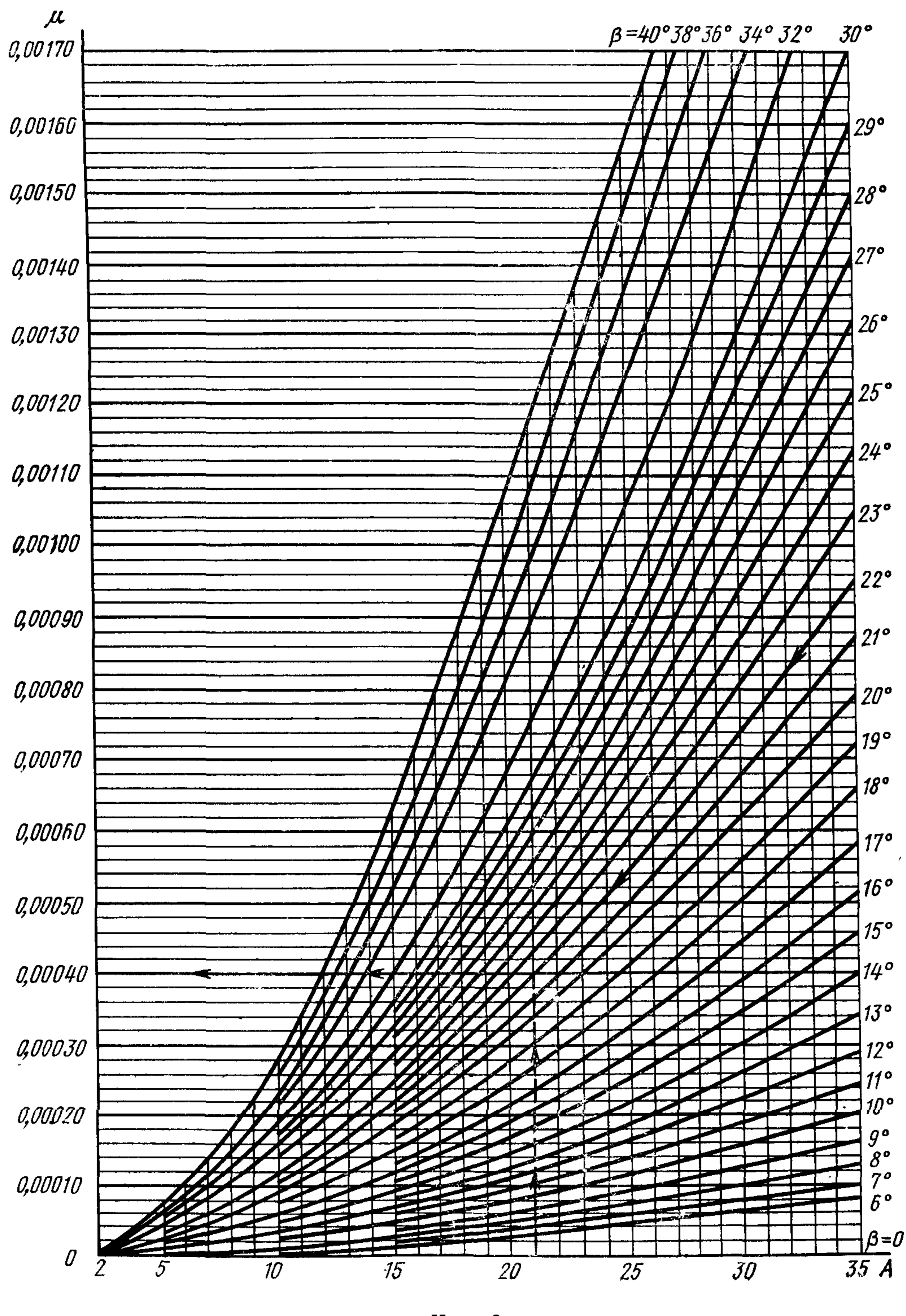
$$A = \frac{1000y \cos \beta}{z_1 + z_2} = \frac{1000 \cdot 0,792 \cdot 0,927}{35} = 20,97$$

По номограмме определяем  $B = 2,92$ .

График для определения вспомогательной величины  $\mu$  в зависимости от  $A$  и  $\beta$  ( $\alpha=20^\circ$ )

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

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

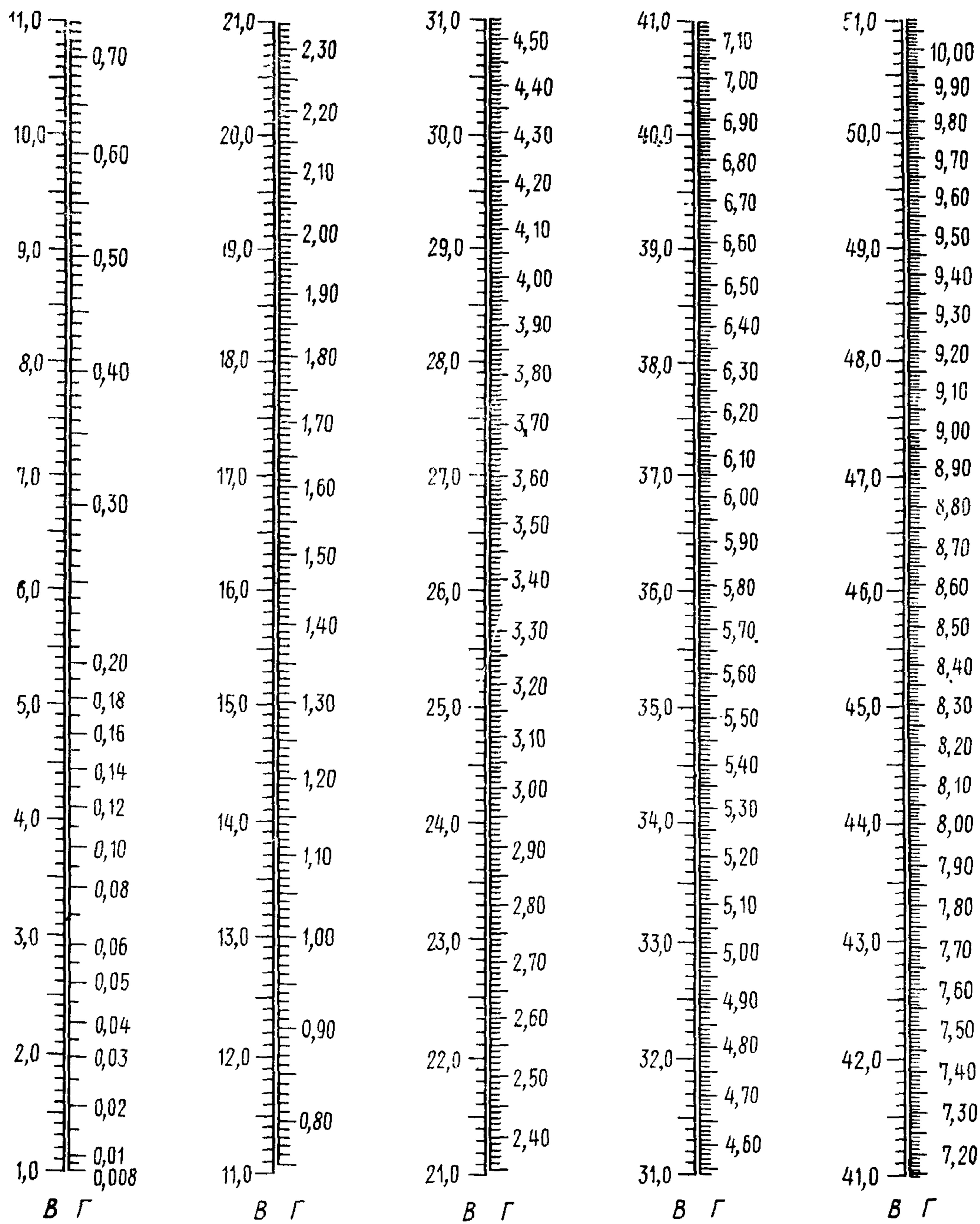


Черт. 2

Пример. Дано:  $A=20,97$ ,  $\beta=22^\circ$ .  
По графику определяем  $\mu=0,00040$  (см. пунктир)

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

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



Черт. 3

**Пример.** Дано:

$$z_1=9; z_2=26; m=6 \text{ мм}; \beta=22^\circ; x_1=0,587; x_2=0,300.$$

Расчет:

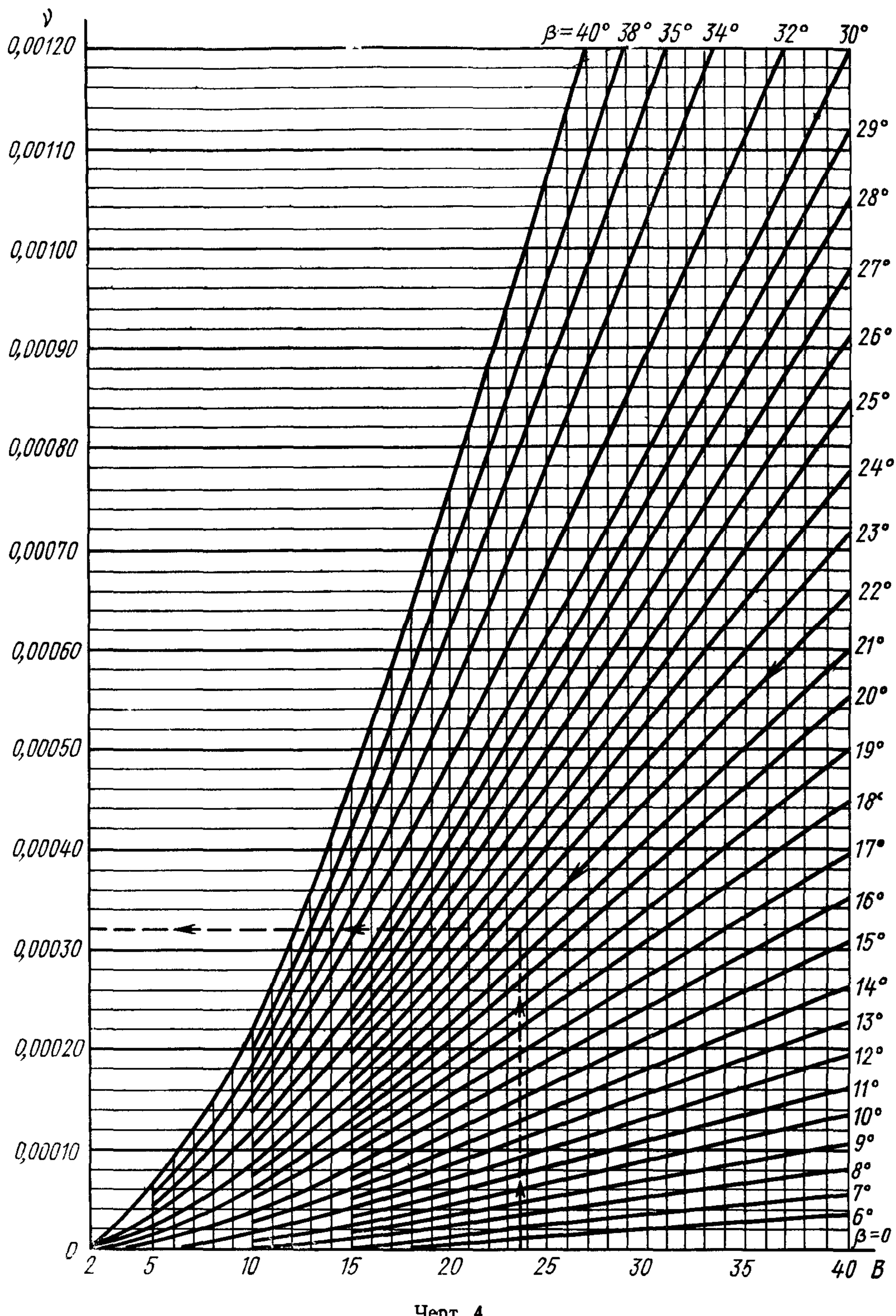
$$B = \frac{1000x_{\Sigma}}{z_1+z_2} = \frac{1000 \cdot 0,887 \cdot 0,927}{35} = 23,49$$

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

**График для определения вспомогательной величины  $v$  в зависимости от  $B$  и  $\beta$  ( $\alpha=20^\circ$ )**

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

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



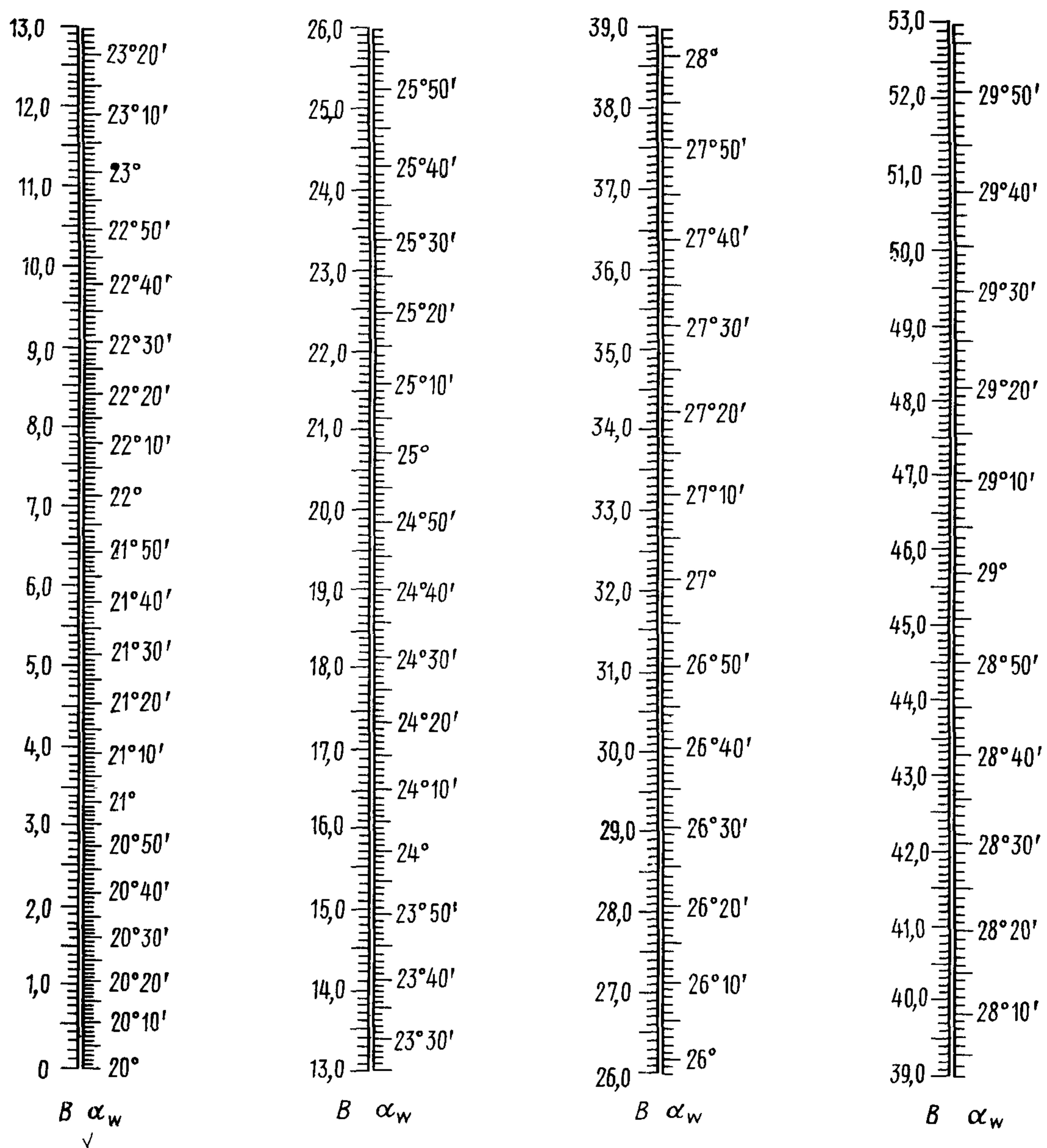
Черт. 4

Пример. Дано:  $B = 23, 49, \beta = 22^\circ$ .

По графику определяем  $v = 0,00032$  (см. пунктир).

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

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



Черт. 5

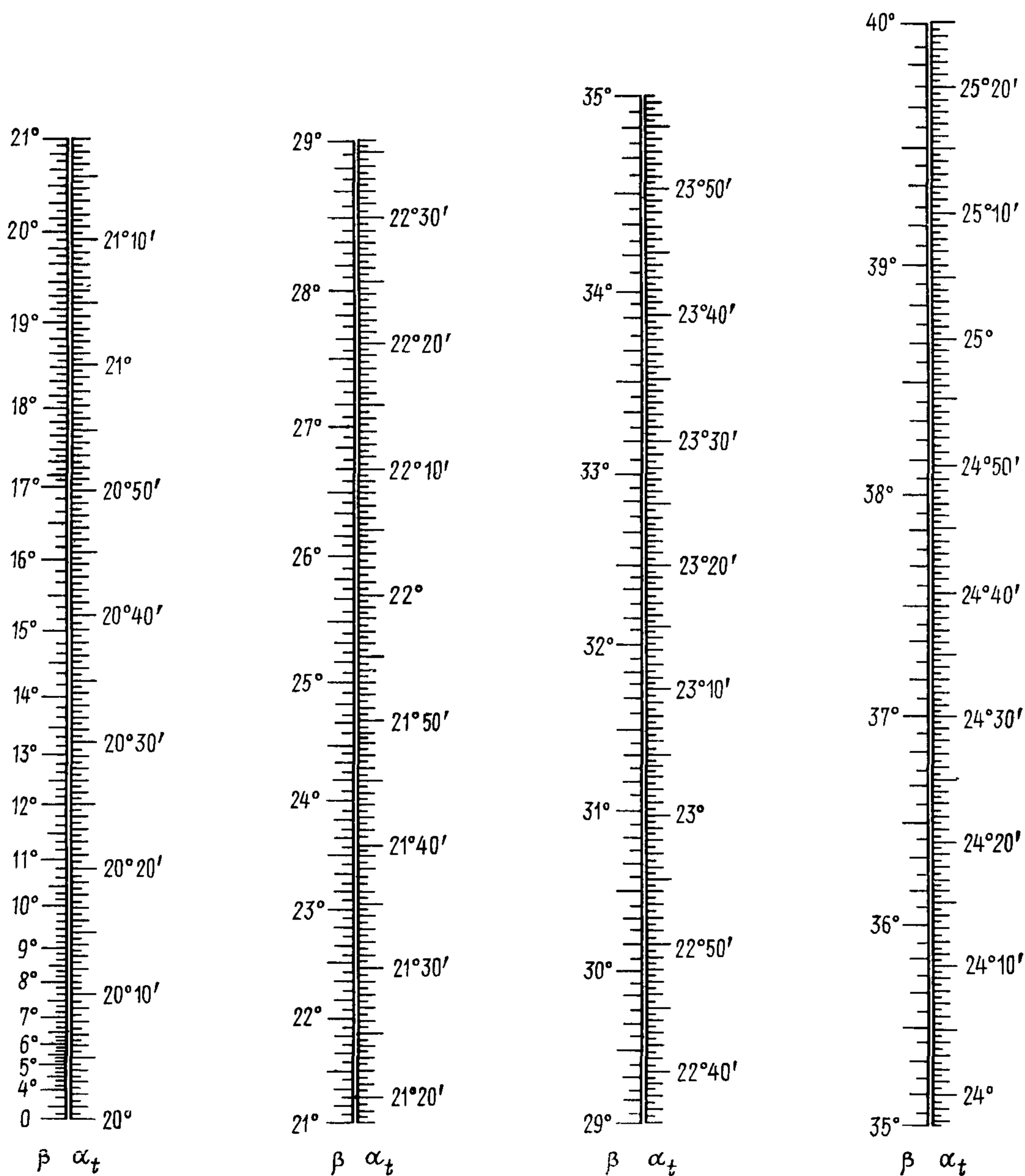
**Пример.** Дано:  $z_1+z_2=50$ ,  $x_\Sigma = 1,154$ .

Расчет:

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

По номограмме определяем  $\alpha_w = 25^\circ 27'$ .

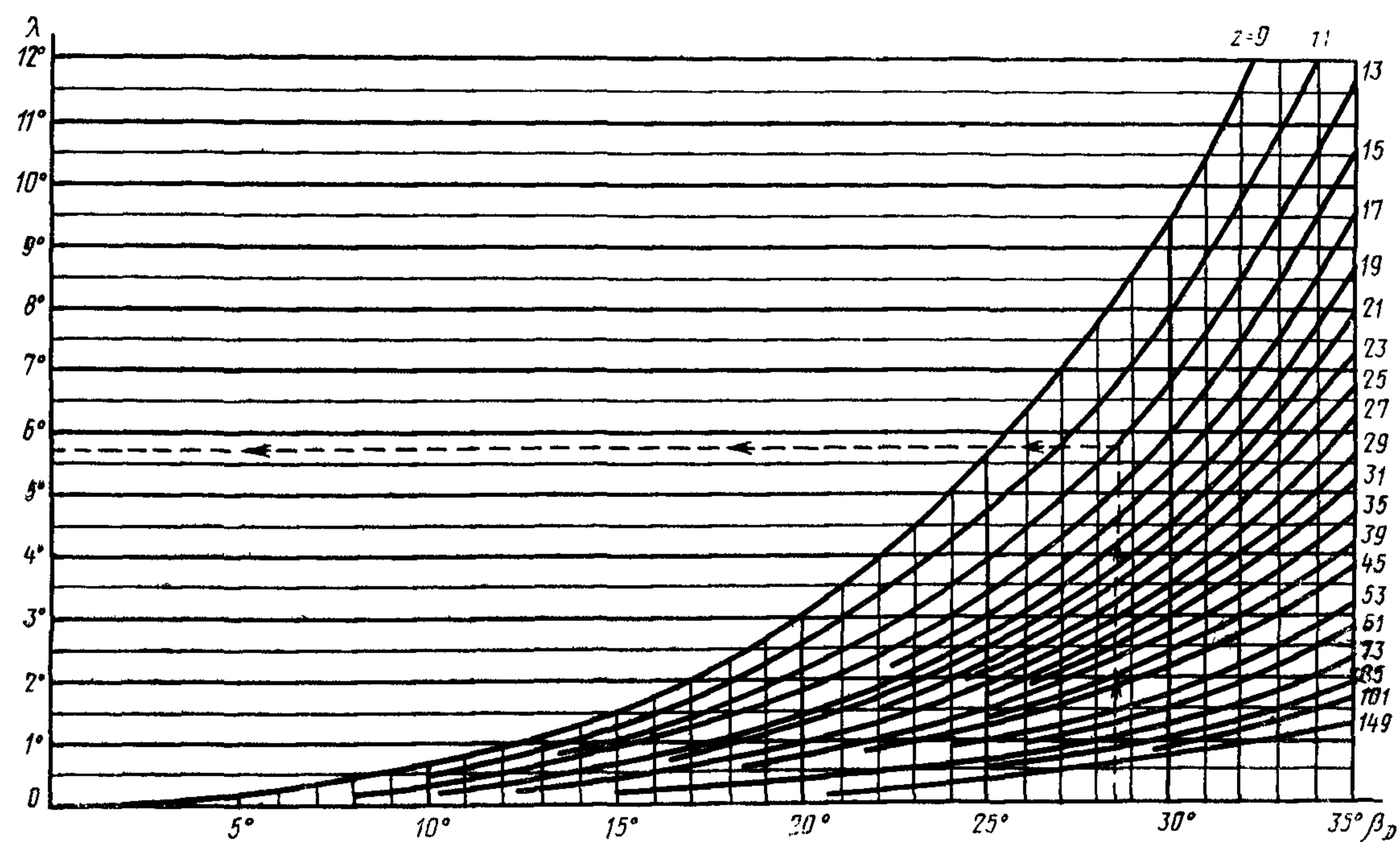
**Номограмма для определения величины  $\alpha_t$  в зависимости от  
 $\beta$  ( $\alpha=20^\circ$ )**



Черт. 6

**Пример.** Дано:  $\beta=22^\circ$ .  
 По номограмме определяем  $\alpha_t=21^\circ26'$ .

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



Черт. 7

Пример. Дано:  $z=13$ ,  $\beta_D = 28^{\circ}40'$ .

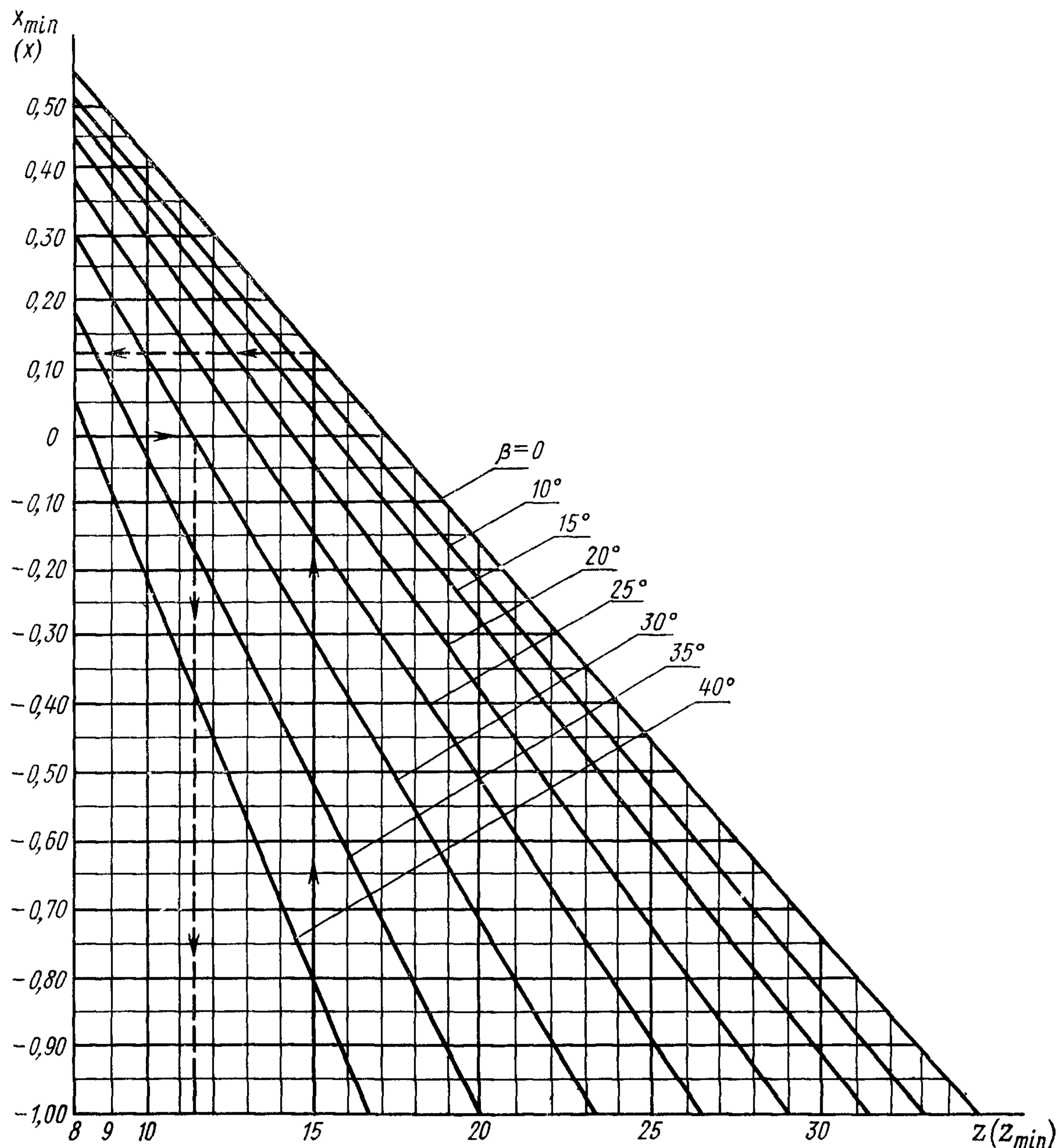
По графику определяем  $\lambda=5^{\circ}45'$  (см. пунктир).

График для определения величины  $x_{min}$  в зависимости от  $z$  и  $\beta$  или  $z_{min}$  — от  $x$  и

$$\beta (\alpha=20^\circ, h_l^* - h_a^* = 1)$$

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

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



Черт. 8

Примеры.

1. Дано:  $z=15$ ,  $\beta=0$ .

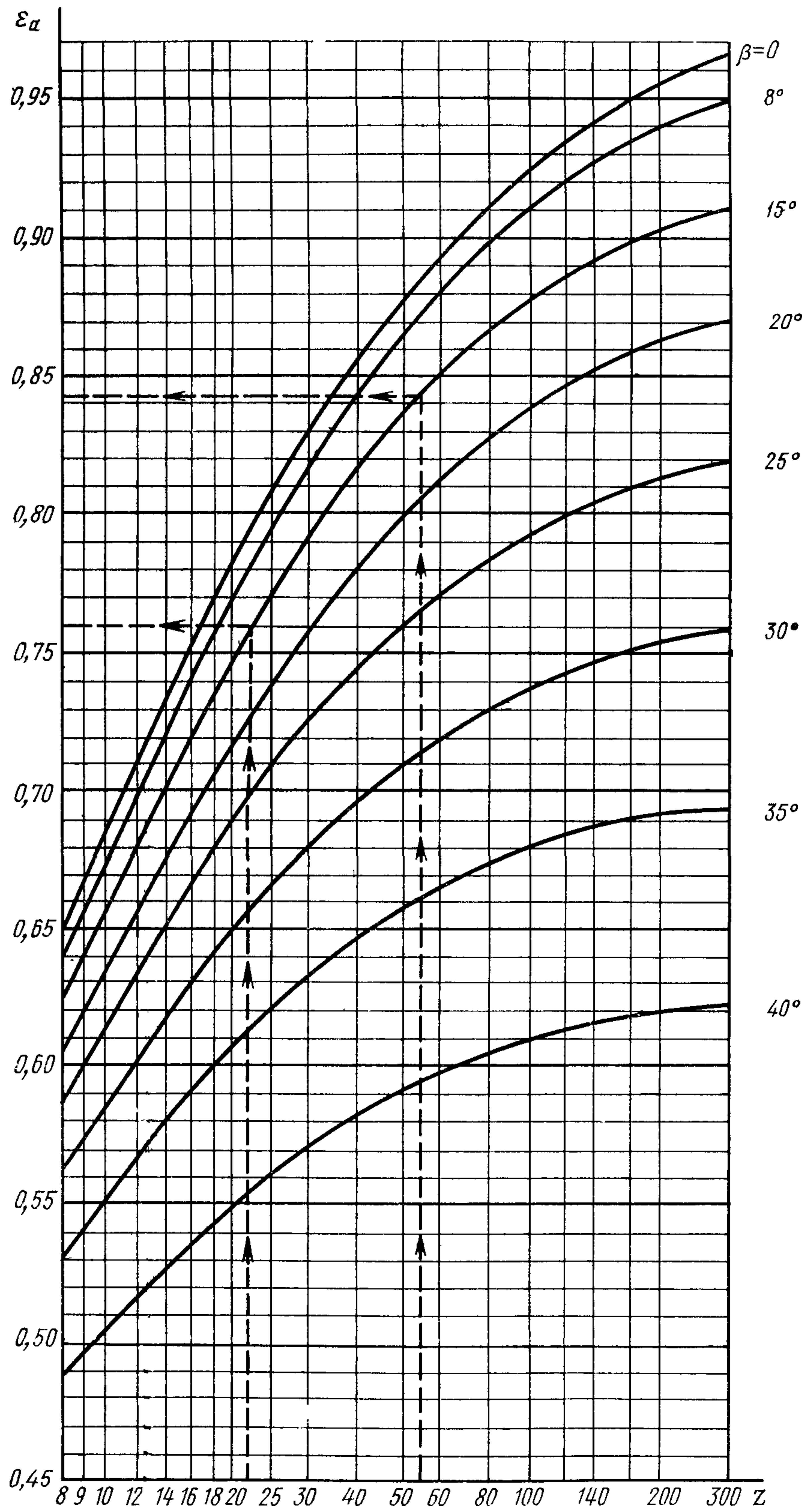
По графику определяем  $x_{min}=0,12$  (см. пунктир).

2. Дано:  $x=0$ ,  $\beta=30^\circ$ .

По графику определяем наименьшее число зубьев  $z_{min}=0,12$  (см. пунктир).

График для определения величины  $\varepsilon_{a1}$  и  $\varepsilon_{a2}$  передачи без смещения в зависимости от  $z$  и  $\beta$  ( $\alpha=20^\circ$ ,  $h_a^*=1$ )

$$\varepsilon_a = \frac{z}{2\pi} (\tan \alpha_a - \tan \alpha_{tw})$$

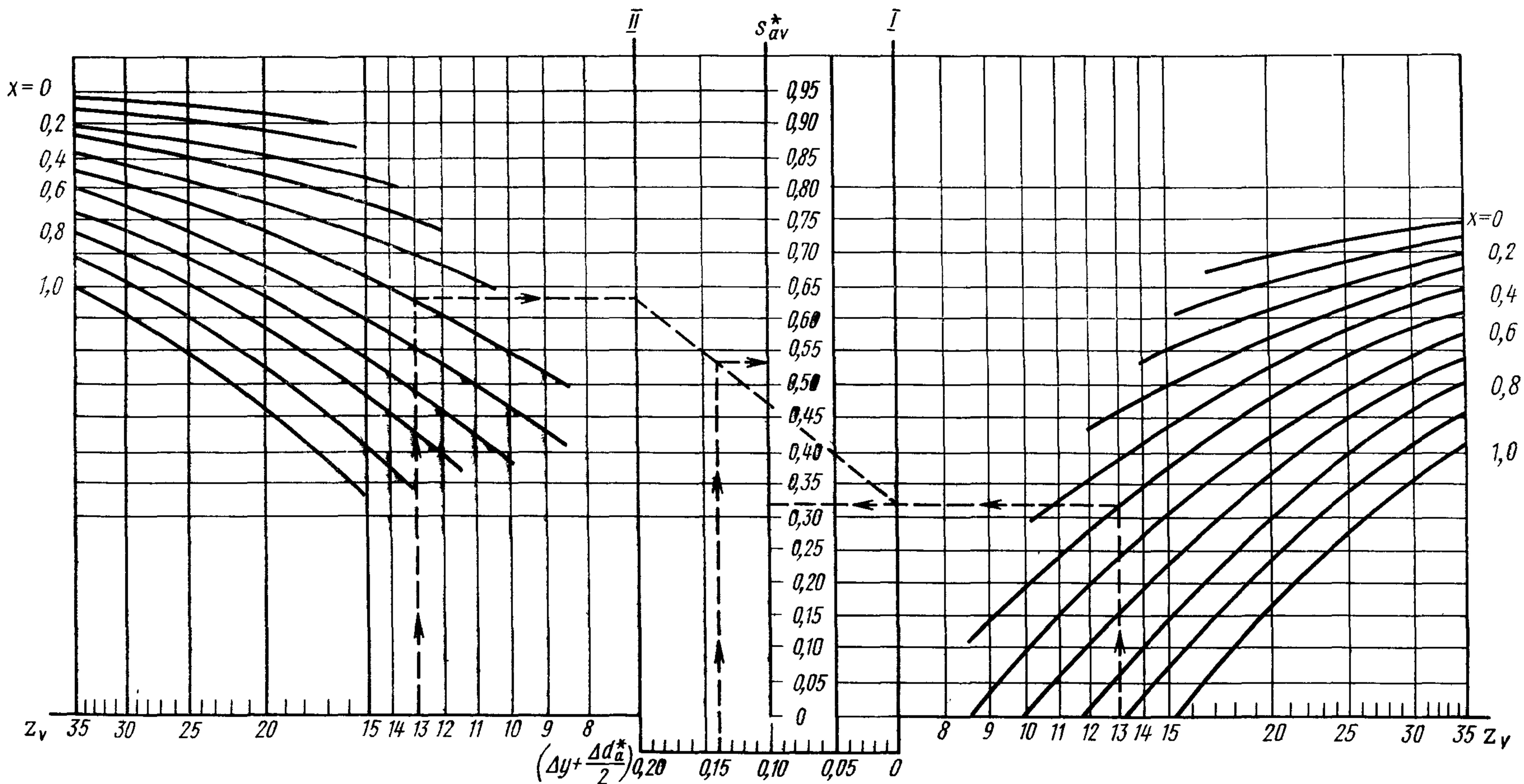


Черт. 9

Пример. Дано:  $z_1=22$ ,  $z_2=55$ ,  $\beta=15^\circ$ .

По графику при  $z_1$  и  $\beta$  определяем  $\varepsilon_{a1}=0,76$  (см. пунктир),  
при  $z_2$  и  $\beta$  определяем  $\varepsilon_{a2}=0,84$  (см. пунктир).

**Номограмма для определения окружной толщины зуба на окружности вершин эквивалентного зубчатого колеса, выраженной в долях модуля  $s_{av}^*$  ( $\alpha=20^\circ$ ,  $h_a^*=1$ )**



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 ( $\alpha = 20^\circ$ )

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

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

$x$	$\bar{s}_c^*$	$\bar{h}_\Delta^*$	$x$	$\bar{s}_c^*$	$\bar{h}_\Delta^*$	$x$	$\bar{s}_c^*$	$\bar{h}_\Delta^*$
-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  $K$  ( $\alpha = 20^\circ$ )

$$K = \frac{\operatorname{inv} \alpha_t}{\operatorname{inv} \alpha}$$

$\beta$	$K$	$\beta$	$K$	$\beta$	$K$	$\beta$	$K$
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'	1,7680
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 ( $\alpha = 20^\circ$ )

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

## Продолжение табл. 6

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

Продолжение табл. 6

$z_T$	$x$	$W_T^*$	$z_W$	$z_T$	$x$	$W_T^*$	$z_W$
97	От -0,50 до -0,40 Св. -0,40 до 0,15 Св. 0,15 до 0,75 Св. 0,75 до 1,00	29,4038 32,3559 35,3080 38,2601	10 11 12 13	113	От -0,50 до -0,30 Св. -0,30 до -0,25 Св. 0,25 до 1,00	35,5321 38,4842 41,4363	12 13 14
98	От -0,50 до 0,05 Св. 0,05 до 0,70 Св. 0,70 до 1,00	32,3699 35,3220 38,2741	11 12 13	114	От -0,50 до -0,35 Св. -0,35 до 0,20 Св. 0,20 до 0,80 Св. 0,80 до 1,00	35,5461 38,4982 41,4503 44,4024	12 13 14 15
99	От -0,50 до 0 Св. 0 до 0,60 Св. 0,60 до 1,00	32,3839 35,3360 38,2881	11 12 13	115	От -0,50 до -0,45 Св. -0,45 до -0,15 Св. 0,15 до 0,75 Св. 0,75 до 1,00	35,5602 38,5123 41,4644 44,4165	12 13 14 15
100	От -0,50 до -0,05 Св. -0,05 до 0,55 Св. 0,55 до 1,00	32,3979 35,3500 38,3021	11 12 13	116	От -0,50 до 0,05 Св. 0,05 до 0,65 Св. 0,65 до 1,00	38,5263 41,4784 44,4305	13 14 15
101	От -0,50 до -0,15 Св. -0,15 до 0,45 Св. 0,45 до 1,00	32,4119 35,3640 38,3161	11 12 13	117	От -0,50 до 0 Св. 0 до 0,60 Св. 0,60 до 1,00	38,5403 41,4924 44,4445	13 14 15
102	От -0,50 до -0,20 Св. -0,20 до 0,40 Св. 0,40 до 1,00	32,4260 35,3781 38,3302	11 12 13	118	От -0,50 до -0,05 Св. -0,05 до 0,55 Св. 0,55 до 1,00	38,5543 41,5064 44,4585	13 14 15
103	От -0,50 до -0,25 Св. -0,25 до 0,35 Св. 0,35 до 1,00	32,4400 35,3921 38,3442	11 12 13	119	От -0,50 до -0,15 Св. -0,15 до 0,45 Св. 0,45 до 1,00	38,5683 41,5204 44,4725	13 14 15
104	От -0,50 до -0,30 Св. -0,30 до 0,25 Св. 0,25 до 1,00	32,4540 35,4061 38,3582	11 12 13	120	От -0,50 до -0,20 Св. -0,20 до 0,40 Св. 0,40 до 1,00	38,5823 41,5344 44,4865	13 14 15
105	От -0,50 до -0,35 Св. -0,35 до 0,20 Св. 0,20 до 0,80 Св. 0,80 до 1,00	32,4680 35,4201 38,3722 41,3243	11 12 13 14	121	От -0,50 до -0,25 Св. -0,25 до 0,35 Св. 0,35 до 1,00	38,5963 41,5484 44,5005	13 14 15
106	От -0,50 до -0,45 Св. -0,45 до 0,15 Св. 0,15 до 0,75 Св. 0,75 до 1,00	32,4820 35,4341 38,3862 41,3383	11 12 13 14	122	От -0,50 до -0,30 Св. -0,30 до 0,25 Св. -0,25 до 1,00	38,6103 41,5624 44,5145	13 14 15
107	От -0,50 до 0,05 Св. 0,05 до 0,65 Св. 0,65 до 1,00	35,4481 38,4002 41,3523	12 13 14	123	От -0,50 до -0,35 Св. -0,35 до -0,20 Св. 0,20 до 0,80 Св. 0,80 до 1,00	38,6243 41,5764 44,5285 47,4806	13 14 15 16
108	От -0,50 до 0 Св. 0 до 0,60 Св. 0,60 до 1,00	35,4621 38,4142 41,3663	12 13 14	124	От -0,50 до -0,45 Св. -0,45 до 0,15 Св. 0,15 до 0,75 Св. 0,75 до 1,00	38,6383 41,5904 44,5425 47,4946	13 14 15 16
109	От -0,50 до -0,05 Св. -0,05 до 0,55 Св. 0,55 до 1,00	35,4761 38,4282 41,3803	12 13 14	125	От -0,50 до 0,05 Св. 0,05 до 0,65 Св. 0,65 до 1,00	41,6044 44,5565 47,5086	14 15 16
110	От -0,50 до -0,15 Св. -0,15 до 0,45 Св. 0,45 до 1,00	35,4901 38,4422 41,3943	12 13 14				
111	От -0,50 до -0,20 Св. -0,20 до 0,40 Св. 0,40 до 1,00	35,5041 38,4562 41,4083	12 13 14				
112	Св. -0,50 до -0,25 Св. -0,25 до 0,35 Св. 0,35 до 1,00	35,5181 38,4702 41,4223	12 13 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**  
**Рекомендование**

### 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  $\varepsilon_{aM}$  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	<p><b>Межосевое расстояние <math>a_w</math> задано равным <math>0,5(z_1+z_2)m</math> или не задано</b></p> <p><b>Кинематические передачи</b></p>
0,3	-0,3	
0	0	<p><b>Межосевое расстояние <math>a_w</math> задано равным <math>0,5(z_1+z_2)m</math></b></p> <p><b>Силовые передачи</b></p>
0,3	-0,3	
0	0	<p><b>Межосевое расстояние <math>a_w</math> не задано</b></p> <p><b>Силовые передачи</b></p>
0,5	0,5	

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			$z_1 \geq z_{\min}$ $z_{\min}$ определяется по табл. 5
0,3	-0,3	Межосевое расстояние $a_w$ задано равным $\frac{(z_1+z_2)m}{2\cos\beta}$ или не задано	Кинематические передачи	$z_1 \geq z_{1\min}$ , но не менее 10 и $z_2 \geq z_{2\min}$ . $z_{1\min}$ и $z_{2\min}$ 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	$z_1 \geq z_{\min} + 2$ $z_{\min}$ определяется по табл. 5
0,3	-0,3		Силовые передачи	$z_1 \geq z_{\min} + 2$ , но не менее 10 и $u \geq 3,5$ $z_{\min}$ определяется по графику на черт. 8 приложения 1 при $x=x_1=0,3$ 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 $x_2$			
$0 < x_\Sigma < 0,5$	$x_\Sigma$	0	Кинематические передачи	$z_1 \geq z_{\min}$ , но не менее 10 и $z_2 \geq 17$ . $z_{\min}$ определяется по графику на черт. 8 приложения 1 при $x=x_1=x_\Sigma$	
$0,5 < x_\Sigma < 1$	0,5	$x_\Sigma - 0,5$	Силовые передачи	$z_1 \geq z_{1\min} + 2$ и $z_2 \geq 21$ $z_{1\min}$ определяется по графику на черт. 8 приложения 1 при $x=x_1=x_\Sigma$	
			Кинематические передачи	$z_1 \geq 10$ и $z_2 \geq z_{2\min}$ $z_{2\min}$ определяется по графику на черт. 8 приложения 1 при $x=x_2=x_\Sigma = -0,5$	
			Силовые передачи	$z_1 \geq 11$ и $z_2 \geq z_{2\min} + 2$ $z_{2\min}$ определяется по графику на черт. 8 приложения 1 при $x=x_2=x_\Sigma = -0,5$	

Примечания:

- 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.
- При  $0,3 < x_\Sigma < 0,7$  и  $u < 2$  наибольшая скорость скольжения в зацеплении будет большей, чем в передаче без смещения.
- 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
			Силовые передачи

$z_1 \geq z_{1min}$ , но не менее 10 и  $z_2 \geq z_{2min}$   
 $z_{1min}$  определяется по графику на черт. 8 приложения 1 при  
 $x = x_1 = x_{\Sigma}$ ,  
 $z_{2min}$  определяется по табл. 5

$z_1 \geq z_{1min} + 2$ , но не менее 10 и  $z_2 \geq z_{2min} + 2$ ,  
 $z_{1min}$  определяется по графику на черт. 8 приложения 1 при  
 $x = x_1 = x_{\Sigma}$ ,  
 $z_{2min}$  определяется по табл. 5.

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:**

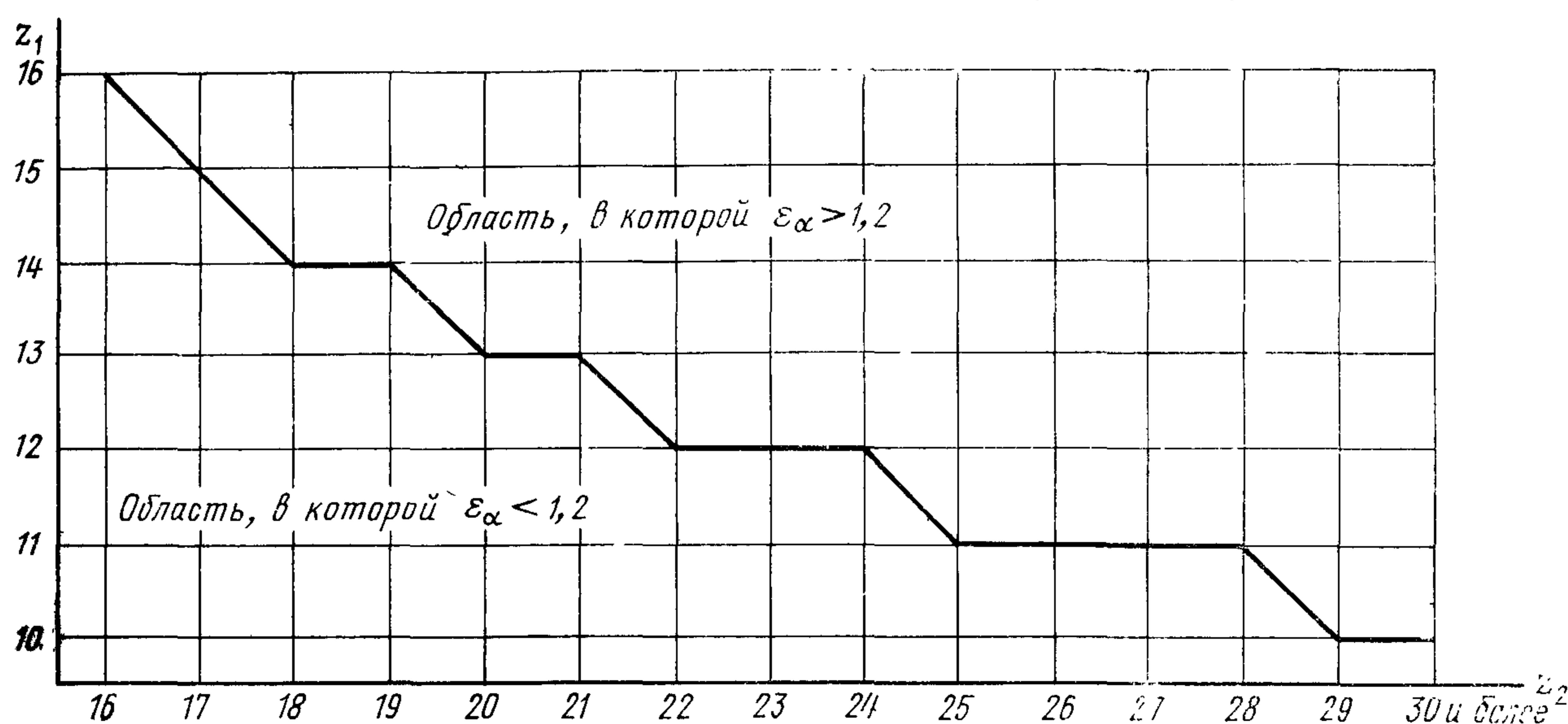
- При заданном межосевом расстоянии  $a_w$  требуемое значение коэффициента суммы смещений  $x_{\Sigma}$  можно получить за счет изменения числа зубьев  $z_1$  или  $z_2$ , угла наклона  $\beta$  если эти изменения допускаются.
- При  $x_{\Sigma} > 0,3$  и  $u < 2$  наибольшая скорость скольжения в зацеплении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

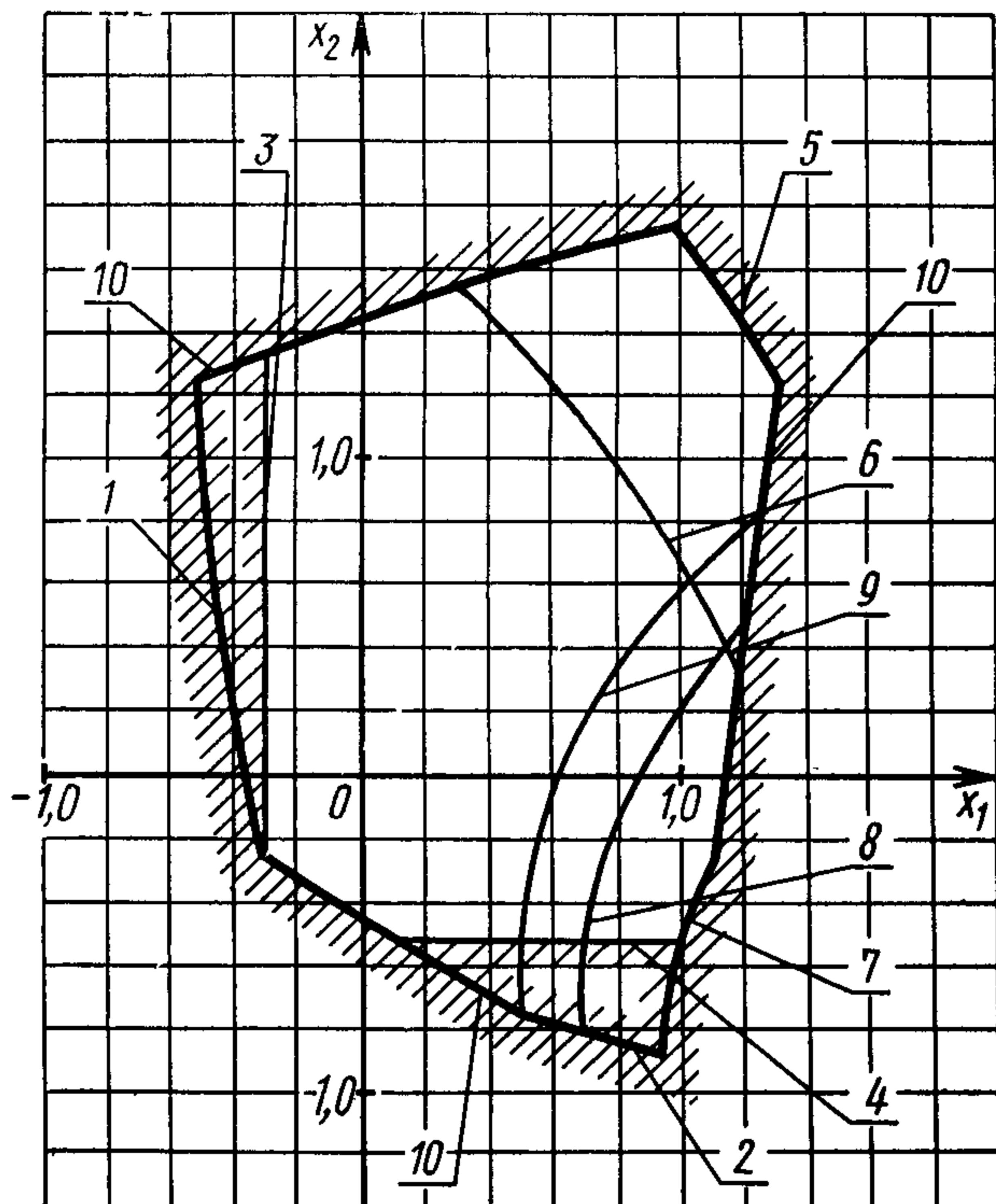
$\beta$ , град	$z_{min}$	$\beta$ , град	$z_{min}$
До 12	17	Св. 24 до 28	13
Св. 12 до 17	16	» 28 » 31	12
» 17 » 21	15	» 31 » 34	11
» 21 » 24	14	» 34	10

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



## 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  $x_{\min}$  шестерни; 4 — линия  $x_{\max}$  колеса; 5 — линия  $\varepsilon = \varepsilon_a = 1,0$ ; 6 — линия  $\varepsilon = \varepsilon_a = 1,2$ ; 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  $\varepsilon_a$  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.

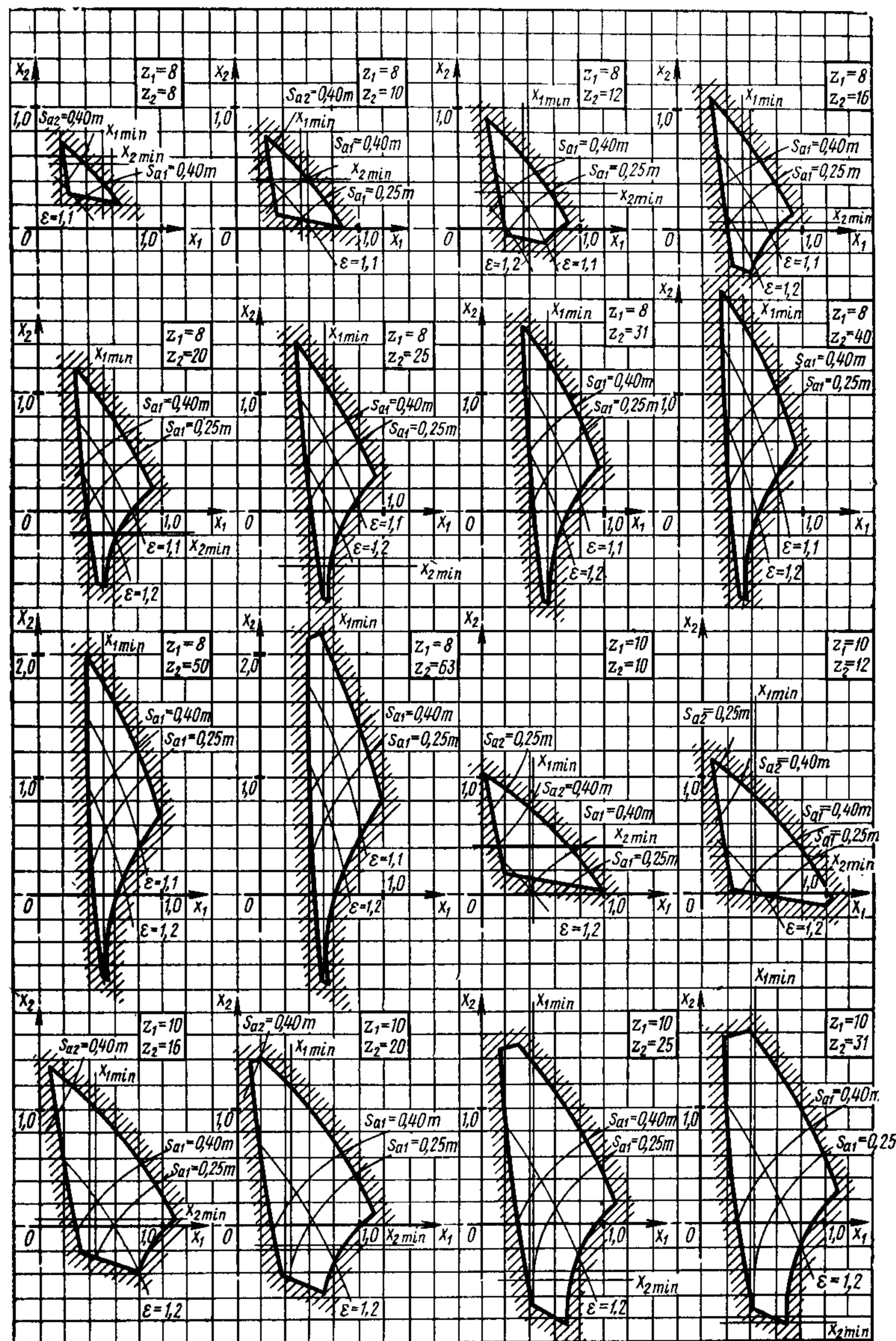
Приведенные на черт. 2—6 блокирующие контуры построены для прямозубых передач, зубья зубчатых колес которых образованы теоретической исходной производящей рейкой, соответствующей исходному контуру с  $\alpha=20^\circ$ ,  $h_a^*=1$  и  $h_1^*-h_a^*=1$  (включая исходный контур по ГОСТ 13755—81), и диаметры 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  $\varepsilon_a \approx (1,51 \cos \beta - 0,51) \varepsilon$ .

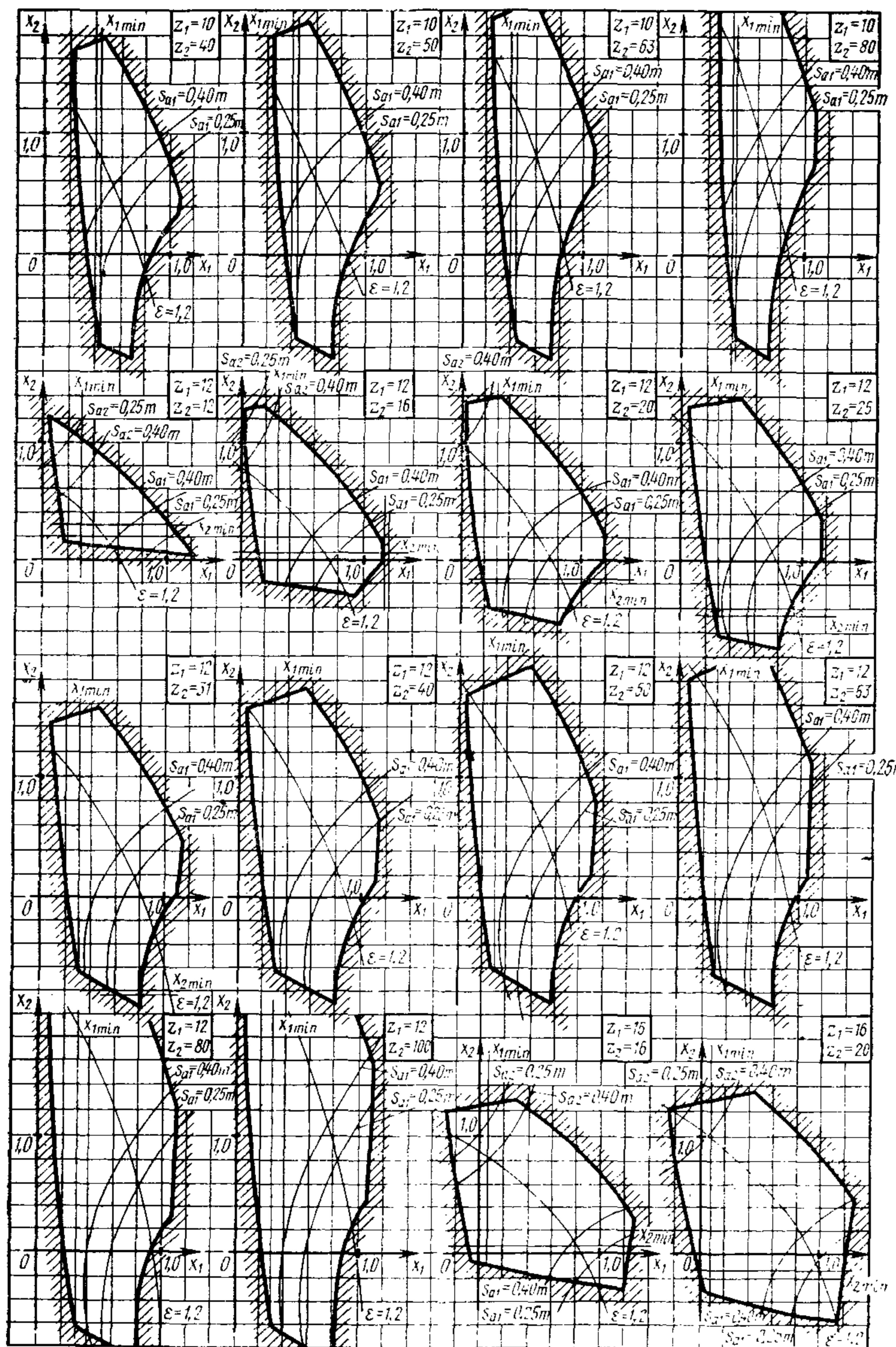
**Пример.** Дано:  $z_1=13$ ,  $z_2=65$ ,  $x_{\Sigma}=0,633$ .

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

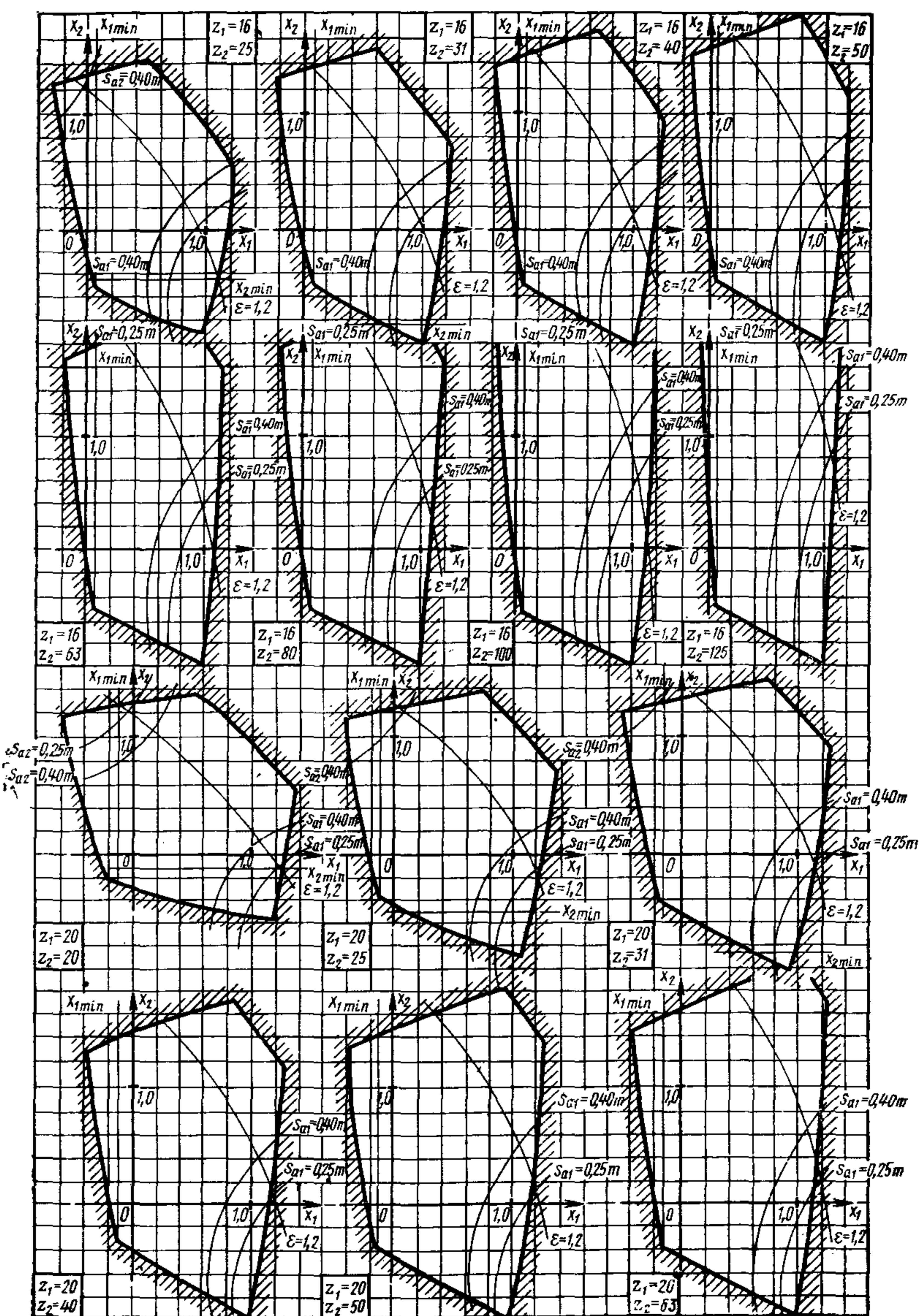
По блокирующему контуру с числами зубьев ближайшими к заданным ( $z_1=12$ ,  $z_2=63$ ) находим, что этим условиям удовлетворяют коэффициенты смещения  $x_1=0,400$  и  $x_2=0,233$ .



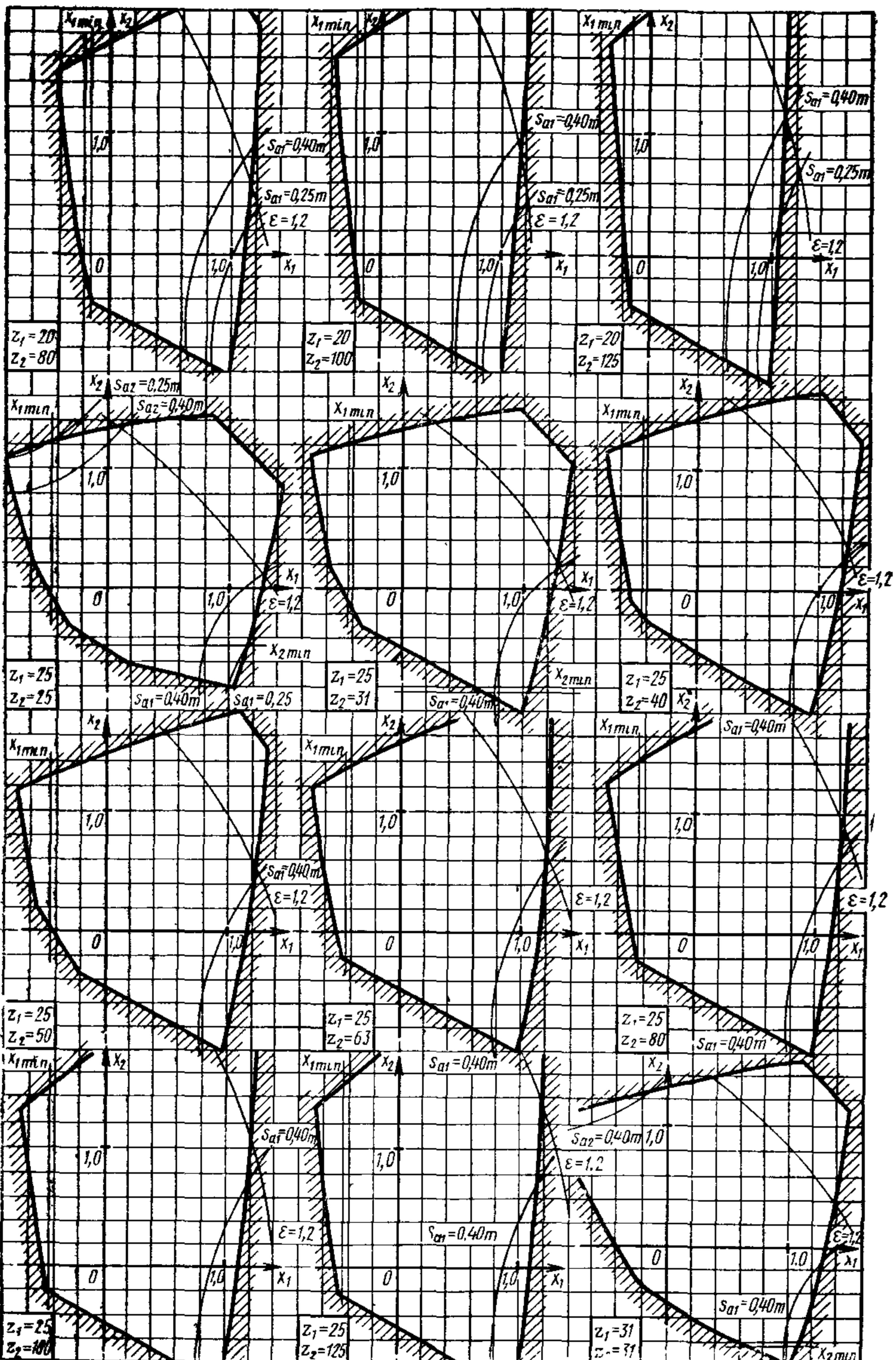
Черт. 2



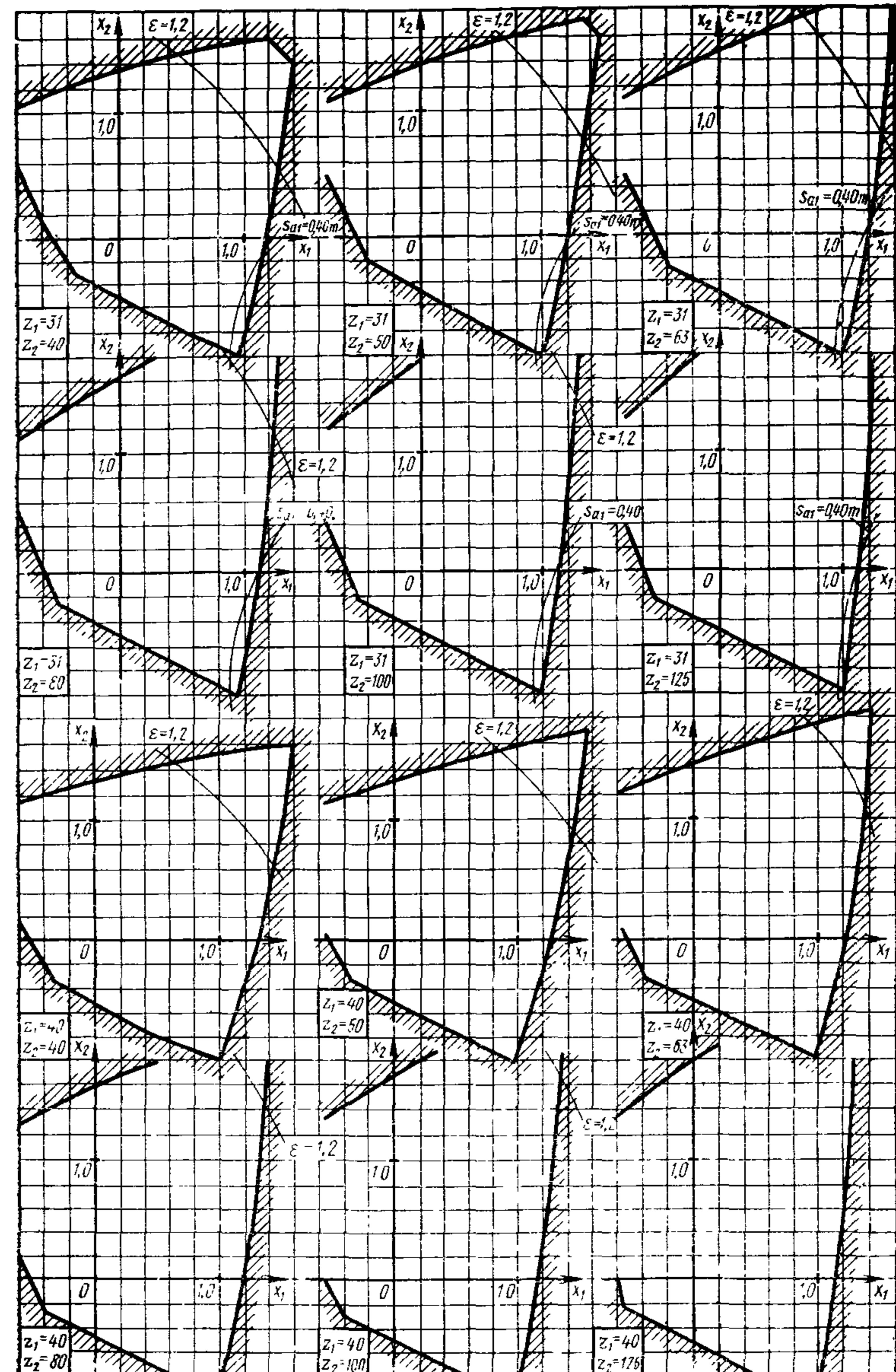
Черт. 3



Черт. 4



Черт. 5



Черт. 6

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

## Исходные данные, относящиеся к зуборезному долбяку

Таблица 1

Наименование параметра	Обозначение	Указания
Число зубьев	$z_0$	—
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	$v_{r0}$	При наличии модификации ножки зуба вместо $v_{r0}$ должен быть задан угол развернутости профиля, соответствующий начальной точке модификации ножки $v_{q0}$

При исходных контурах по ГОСТ 13755—81 и ГОСТ 9587—70 принимать зуборезные долбяки соответственно по ГОСТ 9323—79 и ГОСТ 10059—80

Таблица 2

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

Наименование параметра	Обозначение	Расчетные формулы и указания
<b>Проверки отсутствия зуба зубчатого колеса и отсутствия интерференции зубьев зубчатых колес передачи</b>		
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	$\rho_t$	$\rho_t = a_{w0} \sin \alpha_{tw0} - 0,5 d_{a0} \sin \alpha_{a0}$ При $\rho_t > 0$ подрезание зуба зубчатого колеса зуборезным долбяком отсутствует. При $\rho_t \leq \rho_p$ 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
<b>Проверка отсутствия срезания зуба зубчатого колеса</b>		
5. Радиус кривизны профиля зуба зубчатого колеса в точке на окружности вершин	$\alpha$	$\rho_a = 0,5d_a \sin \alpha_a$ , где $\alpha_a$ — по табл. 4, п. 2 настоящего стандарта
6. Радиус кривизны профиля зуба зубчатого колеса в точке начала среза	$\rho_j$	$\rho_j = a_{w0} \sin \alpha_{tw0} - 0,5v_{r0}d_0 \cos \alpha_f$ При $\rho_j \geq \rho_a$ срезание зуба зубчатого колеса зуборезным долбяком отсутствует
7. Расстояние между окружностью вершин зубчатого колеса и его концентрической окружностью, проходящей через точки начала среза зуба	$h_j$	$h_j = 0,5d_a - \sqrt{\rho_j^2 + 0,25 d_b^2}$ , где $d_b$ — по табл. 4, п. 1 настоящего стандарта
<b>Проверка диаметра впадин зубчатого колеса</b>		
8. Диаметр впадин зубчатого колеса, обрабатываемого зуборезным долбяком	$d_f$	$d_f = 2a_{w0} - d_{a0}$ 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.

**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 $d_y$	$\rho_y$	$\rho_y = 0,5d_y \sin \alpha_y$ , 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	$\varepsilon_{a1}$	$\varepsilon_{a1} = -\frac{z_1}{2\pi} (\tan \alpha_{a1} - \tan \alpha_{tw})$
	$\varepsilon_{a2}$	$\varepsilon_{a2} = -\frac{z_2}{2\pi} (\tan \alpha_{a2} - \tan \alpha_{tw})$

**Параметры, относящиеся только к косозубым передачам**

4. Средняя суммарная длина контактных линий	$l_m$	$l_m = \frac{b_w \varepsilon_\alpha}{\cos \beta_b}.$ Здесь: $b_w$ — рабочая ширина венца, $\varepsilon_\alpha$ — по табл. 6, п. 3 настоящего стандарта, $\beta_b$ — по табл. 4, п. 11 настоящего стандарта
5. Наименьшая суммарная длина контактных линий	$l_{min}$	$l_{min} = l_m \left( 1 - \frac{n_\alpha n_\beta}{\varepsilon_\alpha \varepsilon_\beta} \right) \quad \text{при } n_\alpha + n_\beta < 1$ $l_{min} = l_m \left[ 1 - \frac{(1-n_\alpha)(1-n_\beta)}{\varepsilon_\alpha \varepsilon_\beta} \right] \quad \text{при } n_\alpha + n_\beta > 1.$ 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	$k_\varepsilon$	$k_\varepsilon = \frac{l_{min}}{l_m}.$ Упрощенное определение $k_\varepsilon$ при $\varepsilon_\beta \leq 3$ производится по графикам на черт. 1 и 2. При $\varepsilon_\beta > 3$ допускается принимать $k_\varepsilon = 1$

Продолжение табл. 1

Наименование параметра	Обозначение	Расчетные формулы и указания	
<b>Параметры, относящиеся только к прямозубым передачам</b>			
7. Радиус кривизны профиля зуба в верхней граничной точке однопарного зацепления	$\rho_u$	$\rho_u = \rho_p + \rho_a$ . Здесь: $\rho_p$ — по табл. 4, п. 3 настоящего стандарта, $\rho_a$ — по табл. 5, п. 1 настоящего стандарта	
8. Угол профиля зуба в верхней граничной точке однопарного зацепления	$\alpha_u$	$\tan \alpha_u = \frac{2\rho_u}{d_b}$ , где $d_b$ — по табл. 4, п. 1 настоящего стандарта	
9. Диаметр окружности верхних граничных точек однопарного зацепления	$d_u$	$d_u = \frac{2\rho_u}{\sin \alpha_u}$	
10. Расстояние между окружностью диаметра ( $d_a + 2 \Delta_y \cdot m$ ) и окружностью верхних граничных точек однопарного зацепления	$h_u$	$h_u = 0,5(d_a - d_u) + \Delta_y \cdot m$	
Таблица 2			
<b>Расчет кинематических параметров</b>			
Наименование параметра	Обозначение	Расчетные формулы и указания	
1. Скорость общей точки по профилю зуба в заданной контактной точке	$v_{Fy}$	$v_{Fy} = \omega \rho_y$ , где $\omega$ — угловая скорость зубчатого колеса, $\rho_y$ — 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 колеса	$v_{sy1} = v_{Fy1} - v_{Fy2}$ $v_{sy2} = -v_{sy1}$	
4. Скорость скольжения в точке профиля зуба на окружности вершин	шестерни колеса	$v_{sa1} = 0,5\omega_2 d_{b1} (\tan \alpha_{a1} - \tan \alpha_{tw}) (u+1)$ $v_{sa2} = 0,5\omega_2 d_{b2} (\tan \alpha_{a2} - \tan \alpha_{tw}) (u+1)$	Если имеется притулление продольной кромки зуба, то следует рассчитать скорость скольжения в точке притулления. Для этого вместо $\alpha_{a1}$ и $\alpha_{a2}$ следует соответственно подставлять $\alpha_{k1}$ и $\alpha_{k2}$ . Здесь $d_b$ , $\alpha_a$ и $\alpha_k$ — по табл. 4, пп. 1 и 2 настоящего стандарта
5. Удельное скольжение в заданной контактной точке профиля зуба	$\vartheta_y$	$\vartheta_y = \frac{v_{sy}}{v_{Fy}}$	

Продолжение табл. 2

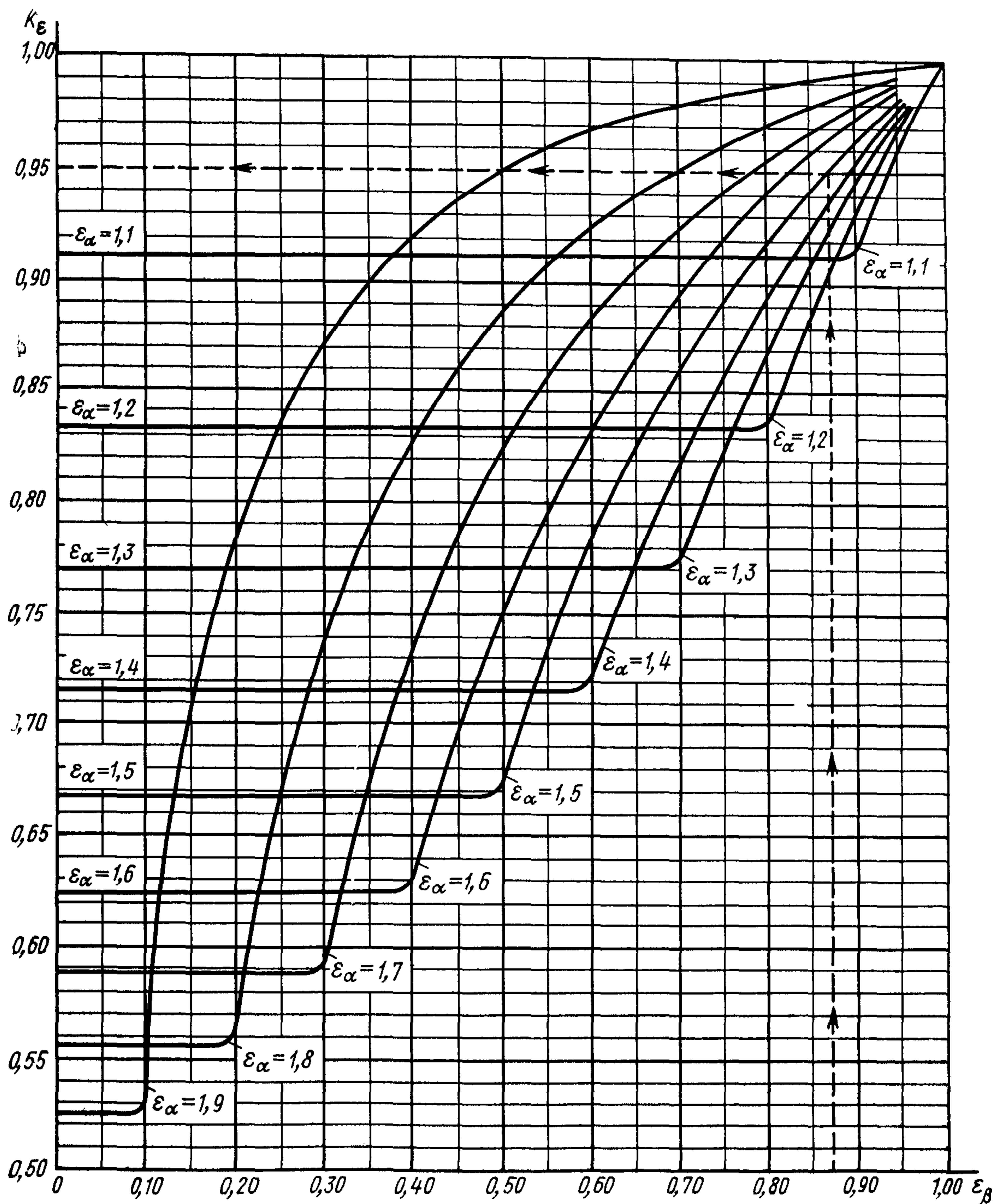
Наименование параметра	Обозначение	Расчетные формулы и указания
6. Удельное скольжение в нижней точке активного профиля зуба	шестерни	$\delta_{p1} = - \frac{(\operatorname{tg} \alpha_{a2} - \operatorname{tg} \alpha_{tw}) (u+1)}{\operatorname{tg} \alpha_{tw} - u(\operatorname{tg} \alpha_{a2} - \operatorname{tg} \alpha_{tw})}$
	колеса	$\delta_{p2} = - \frac{(\operatorname{tg} \alpha_{a1} - \operatorname{tg} \alpha_{tw}) (u+1)}{u \operatorname{tg} \alpha_{tw} - (\operatorname{tg} \alpha_{a1} - \operatorname{tg} \alpha_{tw})}$
Параметры, относящиеся только к прямозубым передачам		
7. Угол профиля зуба в нижней граничной точке однопарного зацепления	шестерни	$\operatorname{tg} \alpha_{v1} = \frac{2(a_w \sin \alpha_w - \rho_{u2})}{d_{b1}}$
	колеса	$\operatorname{tg} \alpha_{v2} = \frac{2(a_w \sin \alpha_w - \rho_{u1})}{d_{b2}}$
8. Скорость скольжения в верхней граничной точке однопарного зацепления	шестерни	$v_{su1} = 0,5 \omega_2 d_{b1} (\operatorname{tg} \alpha_{u1} - \operatorname{tg} \alpha_w) (u+1)$
	колеса	$v_{su2} = 0,5 \omega_1 d_{b2} (\operatorname{tg} \alpha_{u2} - \operatorname{tg} \alpha_w) (u+1)$
9. Удельное скольжение в нижней граничной точке однопарного зацепления	шестерни	$\delta_{v1} = - \frac{(\operatorname{tg} \alpha_{u2} - \operatorname{tg} \alpha_w) (u+1)}{\operatorname{tg} \alpha_w - u(\operatorname{tg} \alpha_{u2} - \operatorname{tg} \alpha_w)}$
	колеса	$\delta_{v2} = - \frac{(\operatorname{tg} \alpha_{u1} - \operatorname{tg} \alpha_w) (u+1)}{u \operatorname{tg} \alpha_w - (\operatorname{tg} \alpha_{u1} - \operatorname{tg} \alpha_w)}$

Если имеется притупление продольной кромки зуба, вместо  $\alpha_{a1}$  и  $\alpha_{a2}$  следует подставлять соответственно  $\alpha_k$  и  $\alpha_{k2}$ .

Здесь  $\alpha_a$  и  $\alpha_k$  — по табл. 4, п. 2 настоящего стандарта

Здесь  $\rho_u$  — по табл. 1, п. 7

Здесь  $\alpha_u$  — по табл. 1, п. 8

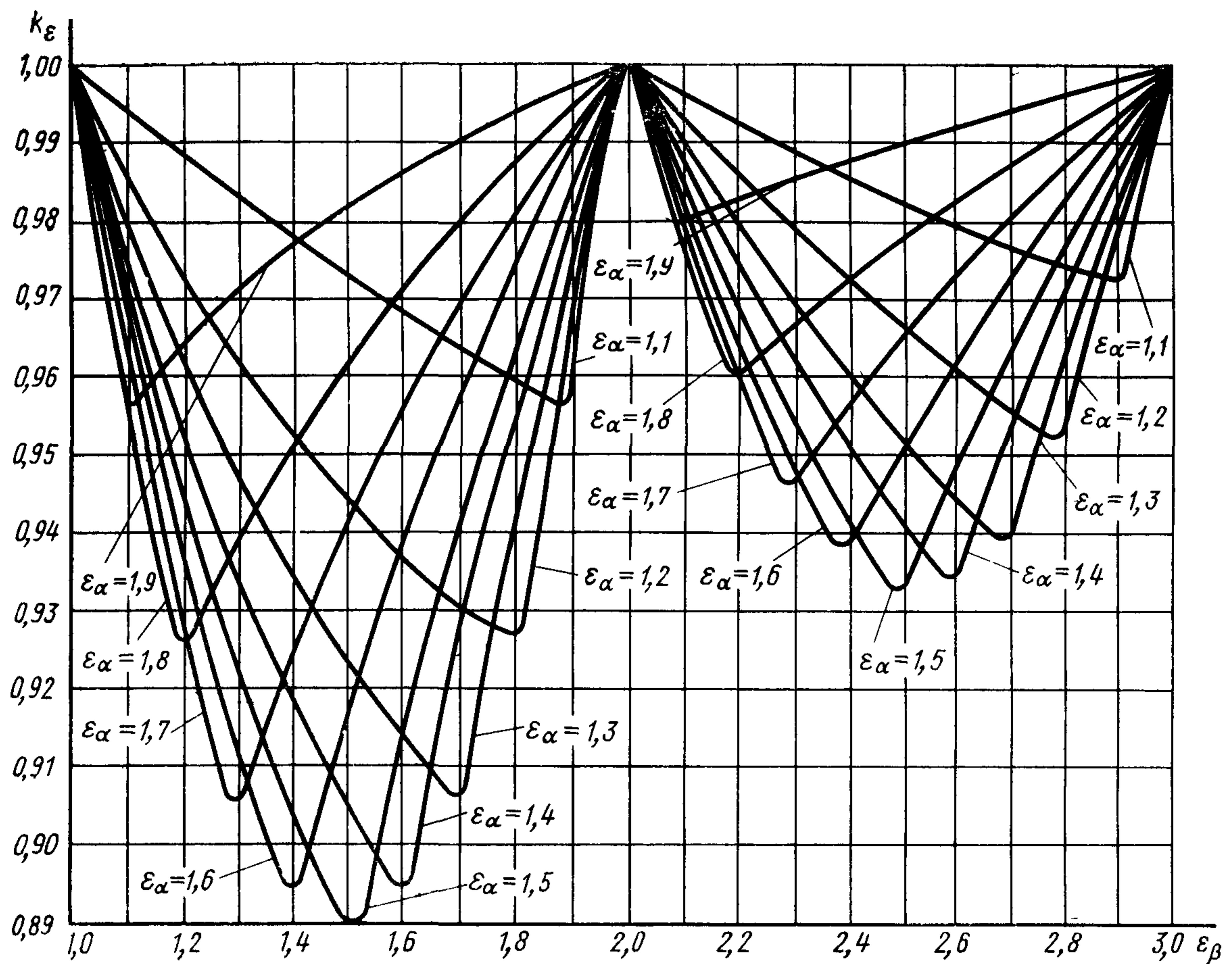
График для определения величины  $k_{\varepsilon}$  ( $0 < \varepsilon_{\beta} < 1,0$ )

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  $k_\varepsilon$  ( $1,0 \leq \varepsilon_\beta \leq 3,0$ )



Черт. 2

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

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