

УДК 621.833.1.001.24

Группа Г02

ОТРАСЛЕВОЙ СТАНДАРТ

ПЕРЕДАЧИ ЗУБЧАТЫЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ПРЯМОЗУБЫЕ ЭВОЛЬВЕНТНЫЕ ВНУТРЕННЕГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ

ОСТ 1 00319-78

На 33 страницах

Взамен 150МТ

Расчет геометрических параметров

ОКСТУ 7503

Распоряжением Министерства от 19 декабря 1978 г.

№ 087-16/5

срок введения установлен с 1 января 1980 г.

1. Настоящий стандарт устанавливает расчет геометрических параметров зубчатой передачи, а также расчет номинальных размеров сопряженных зубчатых колес без поднутрения у основания зуба, с модулем более 1 мм, со смещенным и несмещенным исходным контуром или исходными производящими контурами по ГОСТ 13755-81 и ОСТ 1 00219-76.

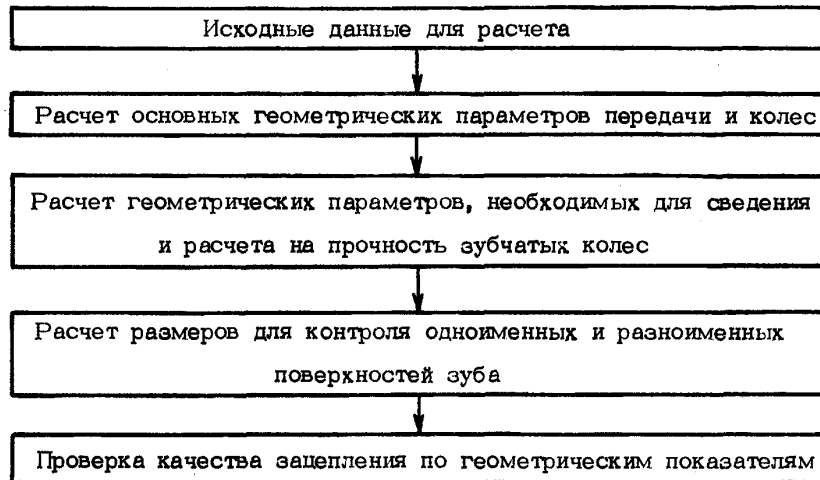
Издание официальное

ГР 8115152 от 15.02.79.

Перепечатка воспрещена

2. Термины и обозначения, применяемые в стандарте, - по ГОСТ 16530-83 и ГОСТ 16531-83.

3. Схема расчета геометрии приведена на черт. 1.



Черт. 1

4. Расчет по формулам должен производиться с погрешностью измерения:

- линейные размеры - не менее 0,001 мм;
- угловые размеры - не менее 0,01°;
- тригонометрические величины - не менее 0,00001;
- коэффициенты смещений - не менее 0,01.

5. Исходные данные для расчета приведены в табл. 1.

Таблица 1

Наименование параметра	Обозначение
Число зубьев:	
шестерни	Z_1
колеса	Z_2
Модуль	m
Исходный контур или исходный производящий контур:	
угол профиля	α
коэффициент высоты головки	h_a^*
коэффициент радиального зазора	c^*
коэффициент радиуса кривизны переходной кривой	ρ_f^*
Межосевое расстояние	a_w
Коэффициент смещения:	
шестерни	x_1
колеса	x_2

№ изм. 1
№ изд. 11549

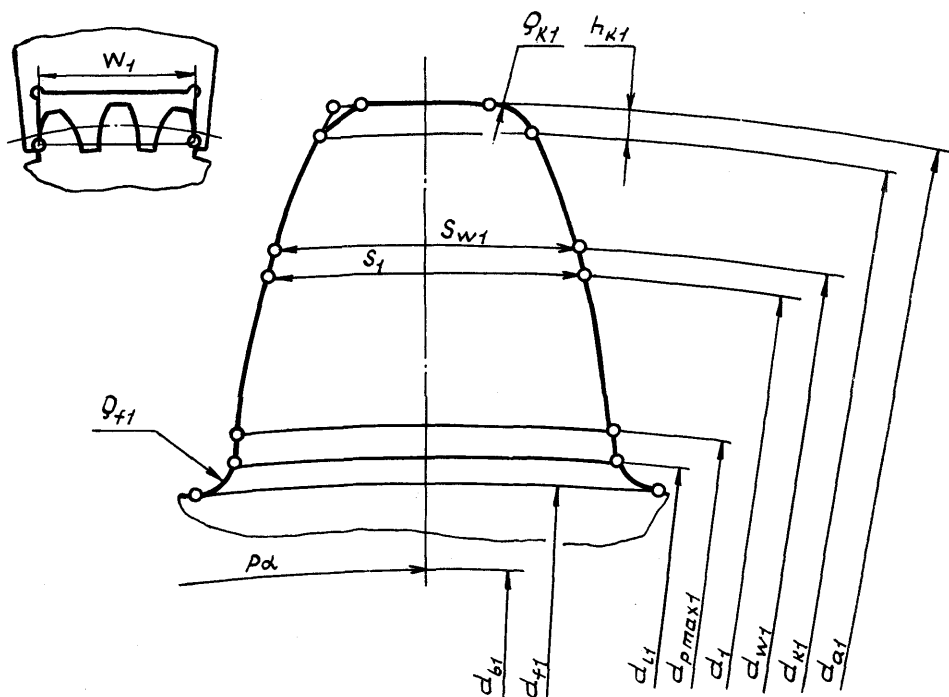
4006

Изм. № дубликата
Изм. № подлинника

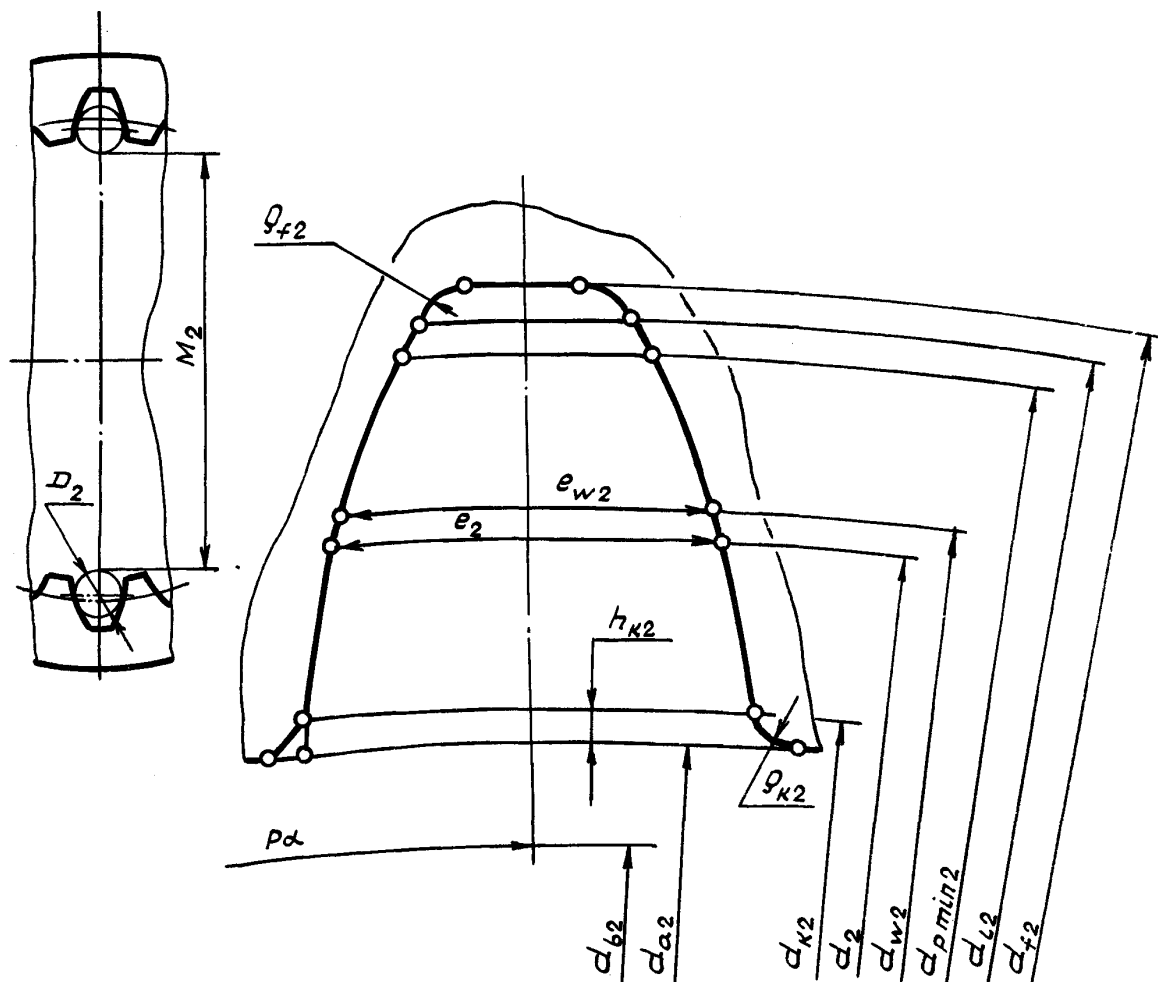
Продолжение табл. 1

Наименование параметра	Обозначение
Коэффициент глубины модификации профиля головки зуба:	
шестерни	Δ_1^*
колеса	Δ_2^*
Коэффициент высоты модификации профиля головки зуба:	
шестерни	h_{g1}^*
колеса	h_{g2}^*

6. Геометрические параметры зубчатых передач и колес приведены на черт. 2 и 3.



Черт. 2



Черт. 3

7. Формулы расчета основных геометрических параметров зубчатых передач и колес приведены в табл. 2, дополнительных геометрических параметров — в справочном приложении 1.

Таблица 2

Наименование параметра	Обозначение	Расчетная формула
Угол зацепления	α_w	$\cos \alpha_w = \frac{0,5m(Z_2 - Z_1)}{a_w} \cos \alpha$
Коэффициент разности смещений	x_d	$x_d = \frac{(Z_2 - Z_1)(\operatorname{inv} \alpha_w - \operatorname{inv} \alpha)}{2 \operatorname{tg} \alpha}$
Коэффициент смещения при заданном межосевом расстоянии a_w :		При исходном контуре по ГОСТ 13755-81 разбивку значения x_d на составляющие x_1 и x_2 рекомендуется производить по блокировочным контурам
шестерни	x_1	
колеса	x_2	

1

№ изм.

11549

№ изв.

4006

Инв. № дубликата

Инв. № подлинника

Продолжение табл. 2

Наименование параметра	Обозначение	Расчетная формула
Коэффициент разности смещений	x_d	$x_d = x_2 - x_1$
Угол зацепления	α_w	$\text{inv } \alpha_w = \frac{2x_d \text{tg } \alpha}{z_2 - z_1} + \text{inv } \alpha$
Межосевое расстояние при заданных x_1 и x_2	a_w	$a_w = 0,5m(z_2 - z_1) \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_w}$
Передаточное число	u	$u = \frac{z_2}{z_1}$
Делительный диаметр	d	$d = mz$
Начальный диаметр: шестерни колеса	d_{w1} d_{w2}	$d_{w1} = \frac{2a_w}{u - 1}$ $d_{w2} = u d_{w1}$
Диаметр впадин: шестерни колеса	d_{f1} d_{f2}	$d_{f1} = d_1 - 2m(h_a^* + c^* - x_1)$ $d_{f2} = d_2 + 2m(h_a^* + c^* + x_2)$
Диаметр вершин зубьев: шестерни колеса	d_{a1} d_{a2}	$d_{a1} = d_{f2} - 2a_w - 2mc^*$ $d_{a2} = 2a_w + d_{f1} + 2mc^*$
Окружная толщина зуба на делительном диаметре: шестерни колеса	s_1 s_2	$s_1 = m(0,5\pi + 2x_1 \text{tg } \alpha)$ $s_2 = m(0,5\pi - 2x_2 \text{tg } \alpha)$

Примечания: 1. Допускается изменение значений диаметров вершин зубьев и расчет их по другим формулам для получения требуемых качеств зацепления по геометрическим параметрам.

2. Расчет диаметров вершин зубчатых колес при окончательной обработке внутренних зубьев зуборезным долбяком приведен в справочном приложении 1.

3. Формулы расчета геометрических параметров, необходимых для сведения и расчета на прочность зубчатых колес, приведены в табл. 3.

№ изм. 1
№ изв. 11549

4006

Изм. № дубликата
Изм. № подлинника

Таблица 3

Наименование параметра	Обозначение	Расчетная формула
Основной диаметр	d_b	$d_b = d \cos \alpha$
Угол профиля у вершины зуба	α_a	$\cos \alpha_a = \frac{d_b}{d_a}$
Радиус кривизны профиля у вершины зуба	ρ_a	$\rho_a = 0,5 d_b \operatorname{tg} \alpha_a$
Радиус кривизны активного профиля зуба в нижней точке:		
шестерни	ρ_{p1}	$\rho_{p1} = \rho_{a2} - a_w \sin \alpha_w$
колеса	ρ_{p2}	$\rho_{p2} = \rho_{a1} + a_w \sin \alpha_w$
Диаметр окружности начала активного профиля в нижней точке	d_p	$d_p = \sqrt{d_b^2 + 4\rho_p^2}$
Радиус кривизны профиля в начале модификации головки зуба:		
шестерни	ρ_{g1}	$\rho_{g1} = 0,5 d_1 \sin \alpha + \left(\frac{h_{a1}^* - h_{g1}^* + x_1}{\sin \alpha} \right) m$
колеса	ρ_{g2}	$\rho_{g2} = 0,5 d_2 \sin \alpha - \left(\frac{h_{a2}^* - h_{g2}^* - x_2}{\sin \alpha} \right) m$
Диаметр окружности модификации головок зубьев	d_g	$d_g = \sqrt{d_b^2 + 4\rho_g^2}$
Угол профиля в начальной точке модификации головки	α_g	$\cos \alpha_g = \frac{d_b}{d_g}$
Угол профиля в середине активной части зуба	α_c	$\cos \alpha_c = \frac{2d_b}{d_a + d_p}$
Угол профиля модификации головки зуба	α_M	$\alpha_M = \alpha + \operatorname{arctg} \frac{\Delta^*}{h_g^*}$
Диаметр основной окружности участка профиля зуба модифицированного по эвольвенте	d_{bM}	$d_{bM} = d \cos \alpha_M$
Половина угловой толщины зуба на основной окружности:		
шестерни	ψ_{b1}	$\psi_{b1} = \frac{s_1}{d_1} + \operatorname{inv} \alpha$
колеса	ψ_{b2}	$\psi_{b2} = \frac{s_e}{d_2} - \operatorname{inv} \alpha$

1

11549

№ изм.

№ изв.

4006

Изм. № дубликата

Изм. № подлинника

Продолжение табл. 3

Наименование параметра	Обозначение	Расчетная формула
Толщина зуба по дуге на окружности d_y :		
шестерни	s_{y1}	$s_{y1} = d_{y1} \left(\frac{s_1}{d_1} + \text{inv} \alpha - \text{inv} \alpha_{y1} \right)$
колеса	s_{y2}	$s_{y2} = d_{y2} \left(\frac{s_2}{d_2} - \text{inv} \alpha + \text{inv} \alpha_{y2} \right)$ $\cos \alpha_y = \frac{d_b}{d_y}$

Примечание. При наличии притупления продольной кромки зуба радиусом ρ_K угол α_K следует определять по формуле

$$\cos \alpha_K = \frac{d_b}{d_K},$$

$$\text{где } d_{K1} = d_{a1} - 2h_{K1} \approx d_{a1} - 2\rho_{K1},$$

$$d_{K2} = d_{a2} - 2h_{K2} \approx d_{a2} + 2\rho_{K2},$$

$$\cos \alpha_K \approx \frac{d_b}{d_a}.$$

9. Формулы расчета размеров для контроля одноименных и разноименных поверхностей зуба приведены в табл. 4.

Таблица 4

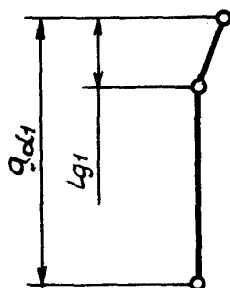
Наименование параметра	Обозначение	Расчетная формула
Длина общей нормали шестерни	W_1	$Z_{w1} = Z_1 \frac{\alpha_{c1}}{180} - 0,5$, за Z_{w1} принимается ближайшее целое. $W_1 = m \cos \alpha \left(\pi Z_{w1} + \frac{s_1}{m} + Z_1 \text{inv} \alpha \right)$ Должно выполняться условие: $2\rho_{a1} > W_1 > 2\rho_{p1}$, а при наличии модификации профиля головки зуба - условие: $2\rho_{g1} > W_1 > 2\rho_{p1}$.
		Если условия не выполняются, то W пересчитать, уменьшив Z_w на 1 при $2\rho_{a1} \leq W_1$ ($2\rho_g \leq W$) или увеличив Z_{w1} на 1 при $W_1 \leq 2\rho_{p1}$.

№ изм. 1
№ изв. 11549

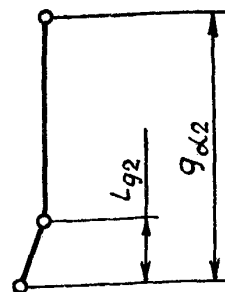
Изм. № дубликата
Изм. № подлинника 4006

Наименование параметра	Обозначение	Расчетная формула
Угол профиля зуба на окружности, проходящей через центр ролика (шарика) колеса	α_{D2}	$\text{inv } \alpha_{D2} = \frac{\pi}{Z_2} - \psi_{b2} - \frac{D}{d_{b2}}$ <p>Должно выполняться условие:</p> $\text{tg } \alpha_{D2} > \text{tg } \alpha_{a2} + \frac{D}{d_{b2}},$ <p>а при наличии модификации профиля головки зуба - условие:</p> $\text{tg } \alpha_{D2} > \text{tg } \alpha_{g2} + \frac{D}{d_{b2}}$
Диаметр концентрической окружности зубчатого колеса, проходящей через центр ролика (шарика) колеса	d_{D2}	$d_{D2} = d_2 \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_{D2}}$
Размер по роликам (шарикам) колеса: с четным числом зубьев с нечетным числом зубьев	M_2	$M_2 = d_{D2} - D$ $M_2 = d_{D2} \cos \frac{90^\circ}{Z_2} - D$ <p>Должны выполняться условия</p> $M_2 < d_{a2}$ $d_{D2} + D < d_{f2}$
Шаг зацепления	p_α	$p_\alpha = \pi m \cos \alpha$
Радиус кривизны переходной кривой (наименьший)	ρ_{fmin}	$\rho_{fmin} = \rho_{fmin1} = \rho_i^* m + \frac{2\Delta\rho_{f1}^2}{d_1 + 2\Delta\rho_{f1}};$ $\Delta\rho_{f1} = m(h_a^* + c^* - x_1 - \rho_i^*);$ $\rho_{fmin2} = \rho_i^* m + \frac{2\Delta\rho_{f2}^2}{d_2 + 2\Delta\rho_{f2}};$ $\Delta\rho_{f2} = m(h_a^* + c^* + x_2 - \rho_i^*)$

10. Формулы расчета длины линии зацепления и расшифровки диаграмм для шестерни (черт. 4) и колеса (черт. 5) приведены в табл. 5.



Черт. 4



Черт. 5

Таблица 5

Наименование параметра	Обозначение	Расчетная формула
Длина активной линии зацепления (по эвольвентограмме):		
шестерни	g_{a1}	$g_{a1} = \rho_{a1} - \rho_{g1}$
колеса	g_{a2}	$g_{a2} = \rho_{a2} - \rho_{g2}$
Длина модификации головки зуба по эвольвентограмме:		
шестерни	l_{g1}	$l_{g1} = \rho_{a1} - \rho_{g1}$
колеса	l_{g2}	$l_{g2} = \rho_{a2} - \rho_{g2}$
Диаметр окружности модификации головок зуба	d_g	$d_g = \sqrt{d_b^2 + 4\rho_g^2}$

1.1. Формулы проверки качества зацепления по геометрическим показателям приведены в табл. 6.

Таблица 6

Наименование параметра	Обозначение	Расчетная формула
Коэффициент наименьшего смещения у шестерни	x_{min1}	$x_{min1} = h_a^* - \frac{z_1 \sin^2 \alpha}{2}$ <p>Должно выполняться условие: $x_1 > x_{1min}$</p>
Толщина зуба на поверхности вершин:		
шестерни	s_{a1}	$s_{a1} = d_{a1} (\psi_{b1} - \text{inv } \alpha_{a1})$
колеса	s_{a2}	$s_{a2} = d_{a2} (\psi_{b2} + \text{inv } \alpha_{a2})$ рекомендуется $s_a \geq 0,3m$ — без химико-термической обработки, $s_a \geq 0,4m$ — с химико-термической обработкой
Коэффициент перекрытия (геометрический)	ε_α	$\varepsilon_\alpha = \frac{g_\alpha}{P_\alpha}$ рекомендуется $\varepsilon_\alpha \geq 1,2$
Радиус кривизны в граничной точке профиля зуба:		
шестерни	ρ_{L1}	$\rho_{L1} = 0,5 d_1 \sin \alpha - \frac{h_a^* - x_1}{\sin \alpha} m$
колеса	ρ_{L2}	$\rho_{L2} = 0,5 d_2 \sin \alpha + \frac{h_a^* + x_2}{\sin \alpha} m$ <p>Должны выполняться условия: $\rho_{L1} \leq \rho_{p1}; \quad \rho_{L2} \geq \rho_{p2}$ При подрезании зубьев $\rho_{L1} < 0$ </p>

№ изм. 1
№ изв. 11549

4006

Изм. № дубликата
Изм. № подлинника

Продолжение табл. 6

Наименование параметра	Обозначение	Расчетная формула
Параметры, определяющие отсутствие интерференции	δ	$\gamma_{12} = \frac{z_1}{z_2} \ln \nu \alpha_{a1} - \ln \nu \alpha_{a2} +$ $+ \left(1 - \frac{z_1}{z_2}\right) \ln \nu \alpha_w ;$ $\mu_{\max} = \arccos \left(\frac{d_{a2}^2 - d_{a1}^2 - 4a_w^2}{4a_w d_{a1}} \right) ;$ $\delta = \frac{z_1}{z_2} \mu_{\max} - \arcsin \left(\frac{d_{a1}}{d_{a2}} \sin \mu_{\max} \right) +$ $+ \gamma_{12} .$ <p>Должны выполняться условия:</p> $\delta \geq 0 ; \rho_{L1} \leq \rho_{p1} ; \rho_{L2} \geq \rho_{p2}$

- Примечания: 1. При необходимости расчета коэффициента перекрытия с учетом притупления продольных кромок зубьев, в расчетные формулы подставляются вместо значений α_a значения α_k .
2. При уточненном расчете радиусов кривизны в граничных точках следует учитывать вид переходной поверхности и параметры производящих поверхностей.

12. Пример расчета геометрических параметров приведен в справочном приложении 2.

№ изм.
№ изм.

4006

Изм. № дубликата
Изм. № подлинника

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Справочное

РАСЧЕТ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

1. Исходные параметры инструмента реечного типа приведены в табл. 1

Таблица 1

Наименование параметра	Обозначение
Угол профиля	α_o
Толщина по хорде	\bar{s}_o
Высота до хорды	h_o
Радиус кривизны линии притупления	ρ_{ko}

2. Исходные параметры зуборезного долбяка приведены в табл. 2

Таблица 2

Наименование параметра	Обозначение
Число зубьев	Z_o
Модуль	m_o
Диаметр вершин	d_{ao}
Номинальная толщина зуба	s_o
Радиус кривизны линии притупления	ρ_{ko}

3. Формулы расчета диаметра колеса, окончательно обработанного зуборезным долбяком, приведены в табл. 3.

Таблица 3

Наименование параметра	Обозначение	Расчетная формула
Коэффициент смещения у долбяка	x_o	$x_o = \frac{2s_o - \pi m}{4m \operatorname{tg} \alpha}$
Угол станочного зацепления с долбяком	α_{w02}	$\operatorname{inv} \alpha_{w02} = \frac{2(x_2 - x_o) \operatorname{tg} \alpha}{Z_2 - Z_o} + \operatorname{inv} \alpha$
Межосевое расстояние в станочном зацеплении	a_{w02}	$a_{w0} = \frac{(Z_2 - Z_o)m}{2} \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_{w02}}$
Диаметр вершин зубьев колеса	d_{a2}	$d_{a2} = d_2 - 2(h_a^* - x_2 - K_2)m_1$ где $K_2 = c^*(1 - 0,5x_2)$ при $x_2 < 2$ для $\alpha = 20^\circ$, при $x_2 \leq 1$ для $\alpha \geq 25^\circ$
Диаметр впадин колеса	d_{f2}	$d_{f2} = 2a_{w02} + d_{ao}$

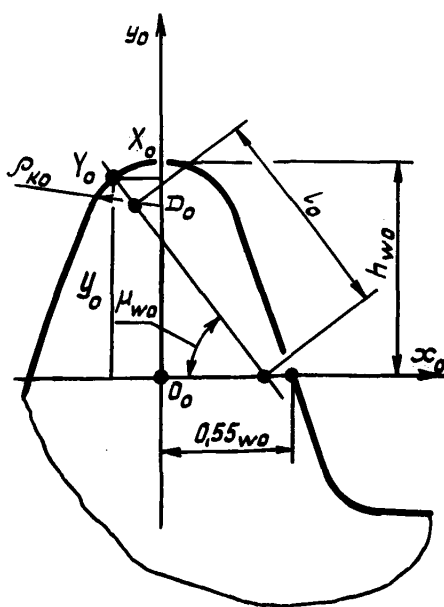
4. Формулы расчета координат точек эвольвенты приведены в табл. 4

Таблица 4

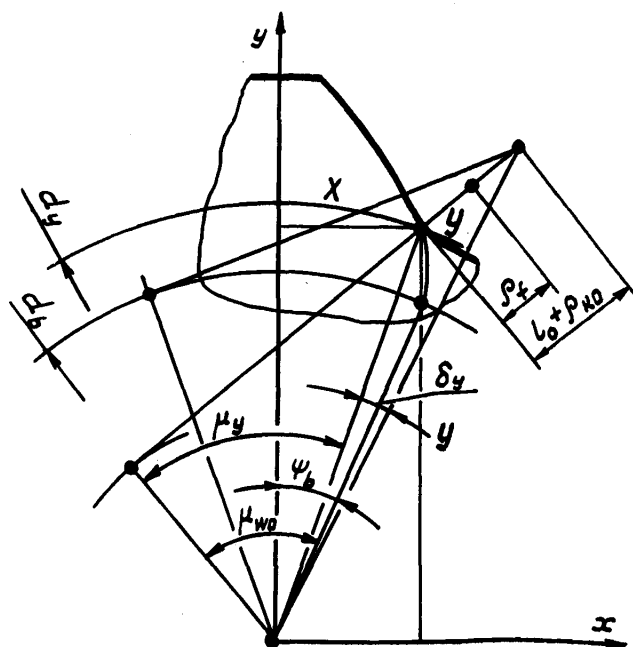
Наименование параметра	Обозначение	Расчетная формула
Половина угловой толщины	ψ	$\psi = \frac{S_H}{d_y}$
Координаты точек эвольвенты	x y	$x = 0,5 d_y \sin \psi_y ;$ $y = 0,5 d_y \cos \psi_y$

Примечание. Для определения координат использована прямоугольная система координат XOY с центром на оси зубчатого колеса и осью Y , совпадающей с осью симметрии зуба.

5. Формулы расчета параметров переходной кривой у впадины зуба шестерни, указанных на черт. 1 и 2, приведены в табл. 5.



Черт. 1



Черт. 2

Таблица 5

Наименование параметра	Обозначение	Расчетная формула
Текущий угол станочного зацепления	μ_{wo}	$90^\circ \geq \mu_{wo} \geq \alpha_o$
Модуль производящего контура	m_o	$m_o = m \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_c}$
Начальный диаметр шестерни в станочном зацеплении	d_{wo1}	$d_{wo1} = m_o z_1$
Начальная толщина зуба шестерни в станочном зацеплении	s_{wo1}	$s_{wo1} = d_{wo1} (\psi_{b1} - \text{inv } \alpha_o)$
Начальная толщина зуба инструмента	s_{wo}	$s_{wo} = \pi m - s_{wo1}$
Высота начальной головки инструмента	h_{wo}	$h_{wo} = h_o + \frac{s_{wo} - s_o}{2 \tan \alpha_o}$
Координаты центра скругления кромки инструмента	x_{do} y_{do}	$x_{do} = 0,5 s_o - h_o \tan \alpha_o - \rho_{ko} \frac{1 - \sin \alpha_o}{\cos \alpha_o}$ $y_{do} = h_{wo} - \rho_{ko}$
Координаты контактной точки кромки инструмента	x_o y_o	$x_o = x_{do} + \rho_{ko} \cos \mu_{wo}$ $y_o = y_{do} - \rho_{ko} \sin \mu_{wo}$
Расстояние от центра скругления кромки зуба инструмента до полюса станочного зацепления	l_o	$l_o = \frac{y_{do}}{\sin \mu_{wo}}$
Угол профиля в точке на окружности заданного диаметра d_y	μ_y	$A_o = \frac{2}{d_{wo1}}$ $\tan \mu_y = \tan \mu_{wo} - \frac{A_o y_o}{\sin \mu_{wo} \cos \mu_{wo}}$ при $\mu_{wo} = 90^\circ$ $\mu_y = 90^\circ$
Диаметр окружности, проходящей через точку y	d_y	$d_y = d_{wo1} \frac{\cos \mu_{wo}}{\cos \mu_y}$ при $\mu_{wo} = 90^\circ$ $d_y = d_{wo1} - 2 y_{do} - 2 \rho_{ko}$
Полярный угол точки y	δ_y	$\delta_y = \mu_{wo} + \text{inv } \alpha_o - \mu_y - A_o \cos \alpha_o [l_o \cos (\mu_{wo} - \alpha_o) + \rho_{ko}]$

№ изм.

№ изв.

4008

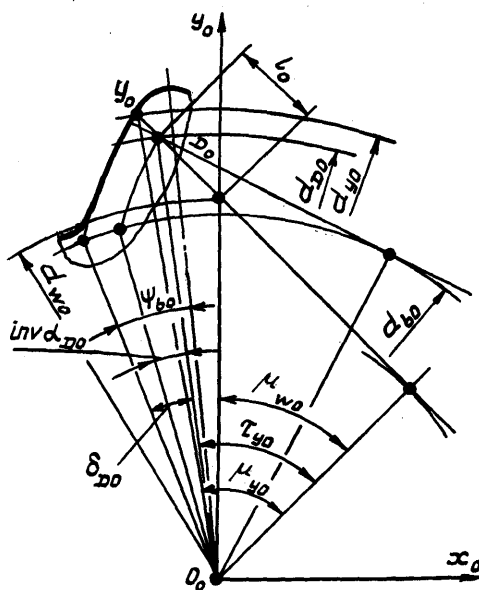
Изм. № дубликата

Изм. № подлинника

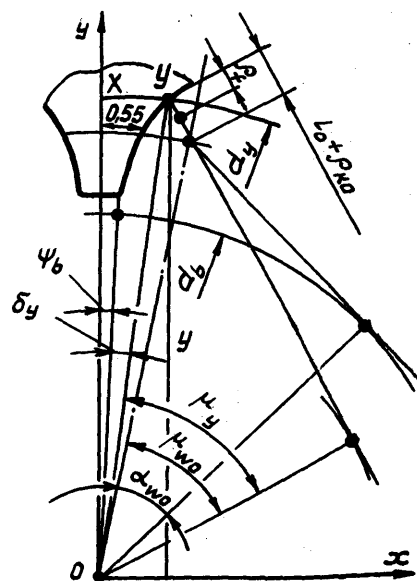
Продолжение табл. 5

Наименование параметра	Обозначение	Расчетная формула
Радиус кривизны переходной кривой	ρ_f	$\rho_f = \rho_{\kappa 0} + \frac{A_0 L_0}{A_0 L_0 + \sin \mu_{w0}} L_0$
Координаты точки переходной кривой	x y	$x = 0,5 d_y \sin (\psi_{b1} - \delta_y)$ $y = 0,5 d_y \cos (\psi_{b1} - \delta_y)$

6. Формулы расчета параметров переходной кривой у впадины зуба колеса, указанных на черт. 3 и 4, приведены в табл. 6.



Черт. 3



Черт. 4

Таблица 6

Наименование параметра	Обозначение	Расчетная формула
Текущий угол станочного зацепления	μ_{w0}	$\alpha_{w02} \leq \mu_{w0} \leq 90^\circ$
Диаметр окружности, проходящий через центр скругления кромки зуба долбяка	d_{D0}	$d_{D0} = d_{a0} - 2\rho_{\kappa 0}$

4008

Изм. № дубликата
Изм. № подлинника

Продолжение табл. 6

Наименование параметра	Обозначение	Расчетная формула
Угол профиля эвольвенты в точке на окружности, проходящей через центр скругления кромки долбяка	$\alpha_{до}$	$\cos \alpha_{до} = \frac{m Z_o}{d_{до}} \cos \alpha$
Угловая координата центра скругления	$\delta_{до}$	$\delta_{до} = \text{inv } \alpha_{до} + \frac{2 \rho_{ко}}{m Z_o \cos \alpha}$
Начальный диаметр долбяка в станочном зацеплении	d_{wo}	$d_{wo} = m Z_o \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_{wo2}}$
Угол профиля эвольвенты в точке на окружности d_{yo}	τ_{yo} μ_{yo}	$\cos \tau_{yo} = \frac{d_{wo}}{d_{до}} \cos \mu_{wo}$ при $\mu_{wo} = 90^\circ$, $\tau_{yo} = 90^\circ$. $\text{tg } \mu_{yo} = \text{tg } \tau_{yo} + \frac{2 \rho_{ко}}{d_{до}} \frac{1}{\cos \tau_{yo}}$
Расстояние от центра скругления кромки долбяка до полюса станочного зацепления	l_o	$l_o = 0,5 d_{wo} \cos \mu_{wo} (\text{tg } \tau_{yo} - \text{tg } \mu_{wo})$ при $\mu_{wo} = 90^\circ$, $l_o = 0,5 (d_{до} - d_{wo})$
Угол профиля в точке на окружности диаметра d_y	μ_y	$\text{tg } \mu_y = \frac{Z_2 - Z_o}{Z_2} \text{tg } \mu_{wo} + \frac{Z_o}{Z_2} \text{tg } \mu_{yo}$ при $\mu_{wo} = 90^\circ$, $\mu_y = 90^\circ$
Диаметр окружности, проходящей через точку y	d_y	$d_y = m Z_2 \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_{wo}} \frac{\cos \mu_{wo}}{\cos \mu_y}$ при $\mu_{wo} = 90^\circ$, $d_y = d_f = 2 a_{wo} + d_{ao}$
Угловая координата точки y	δ_y	$\delta_y = \frac{Z_2 - Z_o}{Z_2} (\mu_{wo} + \text{inv } \alpha_{wo}) +$ $+ \frac{Z_o}{Z_2} (\delta_{до} + \tau_{yo}) - \mu_y$ при $\mu_{wo} = 90^\circ$. $\delta_y = \frac{Z_2 - Z_o}{Z_2} \text{inv } \alpha_{wo2} + \frac{Z_o}{Z_2} \delta_{до}$
Радиус кривизны переходной кривой	ρ_f	$A_o = \frac{2}{m} \left(\frac{1}{Z_o} - \frac{1}{Z_2} \right) \frac{\cos \alpha_{wo2}}{\cos \alpha}$ $\rho_f = \rho_{ко} + \frac{A_o l_o}{A_o l_o + \sin \mu_{wo}} l_o$
Координаты точки переходной кривой	x y	$x = 0,5 d_y \sin (\delta_y + \psi_{b2})$ $y = 0,5 d_y \cos (\delta_y + \psi_{b2})$

№ изм.
№ изм.

4008

Изм. № дубликата
Изм. № подлинника

7. Формулы расчета диаметров граничных точек зон зацепления приведены в табл. 7.

Таблица 7

Наименование параметра	Обозначение	Расчетная формула
Радиус кривизны профиля зуба в верхней граничной точке однопарного зацепления:		
шестерни	ρ_{u1}	$\rho_{u1} = \rho_{p1} + \rho_a$
колеса	ρ_{u2}	$\rho_{u2} = \rho_{p2} - \rho_a$
Угол профиля зуба в верхней граничной точке однопарного зацепления	α_u	$\alpha_u = \arctg \frac{2\rho_u}{d_b}$
Диаметр окружности верхних граничных точек однопарного зацепления	d_u	$d_u = \frac{2\rho_u}{\sin \alpha_u}$
Радиус кривизны профиля зуба в нижней граничной точке однопарного зацепления:		
шестерни	ρ_{v1}	$\rho_{v1} = \rho_{k1} - \rho_a$
колеса	ρ_{v2}	$\rho_{v2} = \rho_{k2} + \rho_a$
Угол профиля зуба в нижней граничной точке однопарного зацепления	α_v	$\alpha_v = \arctg \frac{2\rho_v}{d_b}$
Диаметр окружности нижних граничных точек однопарного зацепления	d_v	$d_v = \frac{2\rho_v}{\sin \alpha_v}$

8. Формулы расчета кинематических параметров приведены в табл. 8.

Таблица 8

Наименование параметра	Обозначение	Расчетная формула
Удельное скольжение в нижней точке активного профиля:		
шестерни	ν_{p1}	$\nu_{p1} = - \frac{(tg \alpha_{a2} - tg \alpha_w)(u-1)}{tg \alpha_w + u(tg \alpha_{a2} - tg \alpha_w)}$
колеса	ν_{p2}	$\nu_{p2} = - \frac{(tg \alpha_{a1} - tg \alpha_w)(u-1)}{u tg \alpha_w + (tg \alpha_{a1} - tg \alpha_w)}$

№ изм.
№ изв.

4008

Изм. № дубликата
Изм. № подлинника

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Справочное

ПРИМЕР РАСЧЕТА ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

1. Исходные данные для расчета приведены в табл. 1.

Таблица 1

Наименование параметра	Обозначение	Номинальный размер
Число зубьев:		
шестерни	Z_1	11
колеса	Z_2	53
Модуль, мм	m	3
Исходный контур:		
угол профиля, град	α	20
коэффициент высоты головки	h_a^*	1
коэффициент радиального зазора	c^*	0,25
коэффициент радиуса кривизны переходной кривой	ρ_f^*	0,4
Межосевое расстояние, мм	a_w	64,5
Коэффициент смещения:		
шестерни	x_1	+0,39
колеса	x_2	-
Коэффициент глубины модификации профиля головки зуба:		
шестерни	Δ_1^*	-
колеса	Δ_2^*	-
Коэффициент высоты модификации профиля головки зуба:		
шестерни	h_{g1}^*	-
колеса	h_{g2}^*	-

2. Номинальные размеры основных геометрических параметров, подсчитанные по формулам, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Наименование параметра	Расчетная формула	Номинальный размер
Угол зацепления, град	$\cos \alpha_w = \frac{0,5m(Z_2 - Z_1)}{a_w} \cos \alpha$	23,39
Коэффициент разности смещений	$x_\alpha = \frac{(Z_2 - Z_1)(\operatorname{inv} \alpha_w - \operatorname{inv} \alpha)}{2 \operatorname{tg} \alpha}$	+0,54

№ изм. 1
№ изв. 11549

4006

Изм. № дубликата
Изм. № подлинника

Продолжение табл. 2

Наименование параметра	Расчетная формула	Номинальный размер
Коэффициент смещения: у шестерни у колеса	Значение x_1 принято по блокировочному контуру $x_2 = x_d + x_1$	+0,93
Передаточное число	$u = \frac{Z_2}{Z_1}$	4,82
Делительный диаметр, мм: шестерни колеса	$d_1 = m Z_1$ $d_2 = m Z_2$	33 159
Начальный диаметр, мм: шестерни колеса	$d_{w1} = \frac{2a_w}{u-1}$ $d_{w2} = u d_{w1}$	33,770 162,770
Диаметр впадин, мм: шестерни колеса	$d_{f1} = d_1 - 2m(h_a^* + c^* - x_1)$ $d_{f2} = d_2 + 2m(h_a^* + c^* + x_2)$	27,840 172,080
Диаметр вершин зубьев, мм: шестерни колеса	$d_{a1} = d_{f2} - 2a_w - 2c^*m$ $d_{a2} = 2a_w + d_{f1} + 2c^*m$	41,580 158,340
Толщина зуба, мм: шестерни колеса	$S_1 = m(0,5\pi + 2x_1 \operatorname{tg} \alpha)$ $S_2 = m(0,5\pi - 2x_2 \operatorname{tg} \alpha)$	5,564 2,681

3. Номинальные размеры геометрических параметров, необходимых для сведения и расчета на прочность зубчатых колес, приведены в табл. 3.

Таблица 3

Наименование параметра	Расчетная формула	Номинальный размер
Основной диаметр, мм: шестерни колеса	$d_{b1} = d_1 \cos \alpha$ $d_{b2} = d_2 \cos \alpha$	31,010 149,411
Угол профиля у вершины зуба, град: шестерни колеса	$\cos \alpha_{a1} = \frac{d_{b1}}{d_{a1}}$ $\cos \alpha_{a2} = \frac{d_{b2}}{d_{a2}}$	41,77 19,33

№ изм.

№ изв.

4006

Ив. № дубликата

Ив. № подлинника

Продолжение табл. 3

Наименование параметра	Расчетная формула	Номинальный размер
Радиус кривизны профиля у вершины зуба, мм:		
шестерни	$\rho_{a1} = 0,5 d_{b1} \operatorname{tg} \alpha_{a1}$	13,848
колеса	$\rho_{a2} = 0,5 d_{b2} \operatorname{tg} \alpha_{a2}$	26,205
Радиус кривизны активного профиля зуба в нижней точке, мм:		
шестерни	$\rho_{p1} = \rho_{a2} - a_w \sin \alpha_w$	0,599
колеса	$\rho_{p2} = \rho_{a1} + a_w \sin \alpha_w$	39,454
Диаметр окружности начала активного профиля в нижней точке, мм:		
шестерни	$d_{p1} = \sqrt{d_{b1}^2 + 4\rho_{p1}^2}$	31,033
колеса	$d_{p2} = \sqrt{d_{b2}^2 + 4\rho_{p2}^2}$	168,968
Радиус кривизны профиля в начале модификации головки зуба, мм:		
шестерни	$\rho_{g1} = 0,5 d_1 \sin \alpha + \left(\frac{h_{a1}^* - h_{g1}^* + x_1}{\sin \alpha} \right) m$	-
колеса	$\rho_{g2} = 0,5 d_2 \sin \alpha - \left(\frac{h_{a2}^* - h_{g2}^* - x_2}{\sin \alpha} \right) m$	-
Диаметр окружности модификации головки зуба, мм:		
шестерни	$d_{g1} = \sqrt{d_{b1}^2 + 4\rho_{g1}^2}$	-
колеса	$d_{g2} = \sqrt{d_{b2}^2 + 4\rho_{g2}^2}$	-
Угол профиля в начальной точке модификации головки колеса, град:		
шестерни	$\cos \alpha_{g1} = \frac{d_{b1}}{d_{g1}}$	-
колеса	$\cos \alpha_{g2} = \frac{d_{b2}}{d_{g2}}$	-

1
11543№ изм.
№ изм.

4008

Изм. № дубликата
Изм. № подлинника

Продолжение табл. 3

Наименование параметра	Расчетная формула	Номинальный размер
Угол профиля в середине активной части зуба, град:		
шестерни	$\cos \alpha_{c1} = \frac{2d_{b1}}{d_{a1} + d_{p1}}$	31,34
колеса	$\cos \alpha_{c2} = \frac{2d_{b2}}{d_{a2} + d_{p2}}$	24,08
Угол профиля модификации головки зуба, град	$\alpha_M = \alpha + \arctg \frac{\Delta^*}{h_g^*}$	-
Диаметр основной окружности участка профиля зуба модифицированного по эвольвенте, мм:		
шестерни	$d_{bM1} = d_1 \cos \alpha_{M1}$	-
колеса	$d_{bM2} = d_2 \cos \alpha_{M2}$	-
Половина угловой толщины зуба на основной окружности, рад:		
шестерни	$\psi_{b1} = \frac{s_1}{d_1} + \operatorname{inv} \alpha$	0,18351
колеса	$\psi_{b2} = \frac{s_2}{d_2} - \operatorname{inv} \alpha$	0,00196

4. Номинальные размеры для контроля приведены в табл. 4.

Таблица 4

Наименование параметра	Расчетная формула	Номинальный размер
Длина общей нормали шестерни, мм	$Z_{w1} = Z_1 \frac{\alpha_{c1}}{180} - 0,5$ $w_1 = m \cos \alpha \left(\pi Z_{w1} + \frac{s_1}{m} + Z_1 \operatorname{inv} \alpha \right)$	14,547
Угол профиля на окружности, проходящей через центр ролика, град	При $D_2 = 4,773$ мм $\operatorname{inv} \alpha_{D2} = \frac{\pi}{Z_2} - \psi_{b2} - \frac{D_2}{d_{b2}}$	23,71

Продолжение табл. 4

Наименование параметра	Расчетная формула	Номинальный размер
Размер по роликам (шарикам) на колесе, мм	$d_{D2} = d_2 \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_{D2}}$ $M_2 = d_{D2} \cos \frac{90^\circ}{Z_2} - D_2$	158,340
Шаг зацепления, мм	$P_\alpha = \pi m \cos \alpha$	8,856
Радиус кривизны переходной кривой (наименьший), мм	$\rho_{fmin1} = \rho_i^* m + \frac{2\Delta\rho_{f1}^2}{d_1 + 2\Delta\rho_{f1}}$ $\rho_{fmin2} = \rho_i^* m + \frac{2\Delta\rho_{f2}^2}{d_2 + 2\Delta\rho_{f2}}$	1,519 1,536

5. Номинальные размеры длины линии зацепления и диаметра окружности модификации головок зубьев приведены в табл. 5

Таблица 5

Наименование параметра	Расчетная формула	Номинальный размер
Длина активной линии зацепления (по эвольвентограмме), мм:		
шестерни	$g_{\alpha1} = \rho_{\alpha1} - \rho_{p1}$	13,249
колеса	$g_{\alpha2} = \rho_{p2} - \rho_{\alpha2}$	13,249
Радиус кривизны профиля зуба в начале модификации головки зуба, мм:	При $lg_1 = 2,5$ мм и $lg_2 = 2,5$ мм (из эвольвентограммы)	
шестерни	$\rho_{g1} = \rho_{\alpha1} - lg_1$	11,348
колеса	$\rho_{g2} = \rho_{\alpha2} + lg_2$	28,705
Диаметр окружности модификации головки зуба, мм:		
шестерни	$d_{g1} = \sqrt{d_{b1}^2 + 4\rho_{g1}^2}$	38,873
колеса	$d_{g2} = \sqrt{d_{b2}^2 + 4\rho_{g2}^2}$	160,060

6. Номинальные размеры для проверки качества зацепления по геометрическим показателям приведены в табл. 6.

1
11549

№ изд.
№ изд.

4008

Изм. № дубликата
Изм. № подлинника

Таблица 6

Наименование параметра	Расчетная формула	Номинальный размер
Коэффициент наименьшего смещения шестерни	$x_{1min} = h_a^* - \frac{z_1 \sin^2 \alpha}{2}$ <p>Должно выполняться условие $x_1 > x_{1min}$</p>	0,36
Толщина зуба на поверхности вершин шестерни, мм:		
шестерни	$s_{a1} = (\psi_{b1} - \text{inv } \alpha_{a1}) d_{a1}$	0,805
колеса	$s_{a2} = (\psi_{b2} + \text{inv } \alpha_{a2}) d_{a2}$	2,433
Коэффициент перекрытия (геометрический)	$\varepsilon = \frac{g_a}{P_a}$	1,496
Радиус кривизны в граничной точке профиля зуба колеса, мм:		
шестерни	$\rho_{e1} = 0,5 d_1 \sin \alpha - \frac{h_a^* - x_1}{\sin \alpha} m$	0,293
колеса	$\rho_{e2} = 0,5 d_2 \sin \alpha + \frac{h_a^* + x_2}{\sin \alpha} m$	44,119
Параметр, определяющий наличие интерференции	$\gamma_{1,2} = \frac{z_1}{z_2} \text{inv } \alpha_{a1} - \text{inv } \alpha_{a2} + \left(1 - \frac{z_1}{z_2}\right) \text{inv } \alpha_w;$ $\mu_{max} = \arccos \left(\frac{d_{a2}^2 - d_{a1}^2 - 4a_w^2}{4a_w d_{a1}} \right);$ $\delta = \frac{z_1}{z_2} \mu_{max} - \arcsin \left(\frac{d_{a1}}{d_{a2}} \sin \mu_{max} \right) + \gamma_{1,2}$	0,193

7. Исходные параметры фрезы червячной правой $m3 \times 112 \text{ AA} - 1$ ГОСТ 9324-79 приведены в табл. 7.

Таблица 7

Наименование параметра	Обозначение	Номинальный размер
Угол профиля, град	α_o	20
Толщина по хорде, мм	\bar{s}_o	4,85

№ изм. 1
№ изм. 11549

4006

Изм. № дубликата
Изм. № подлинника

Продолжение табл. 7

Наименование параметра	Обозначение	Номинальный размер
Высота до хорды, мм	\bar{h}_o	3,75
Радиус кривизны линии притупления, мм	ρ_{ko}	0,90

8. Исходные параметры зуборезного долбяка чашечного прямозубого m 3х 50А-Ш ГОСТ 9323-79 приведены в табл. 8.

Таблица 8

Наименование параметра	Обозначение	Номинальный размер
Число зубьев	z_o	17
Модуль, мм	$m_o = m$	3,000
Диаметр вершин, мм	d_{ao}	59,140
Номинальная толщина зуба, мм	s_o	4,943
Радиус кривизны линии притупления (принятый), мм	ρ_{ko}	1,100

9. Номинальные размеры диаметров колеса, окончательно обработанного зуборезным долбяком, приведены в табл. 9.

Таблица 9

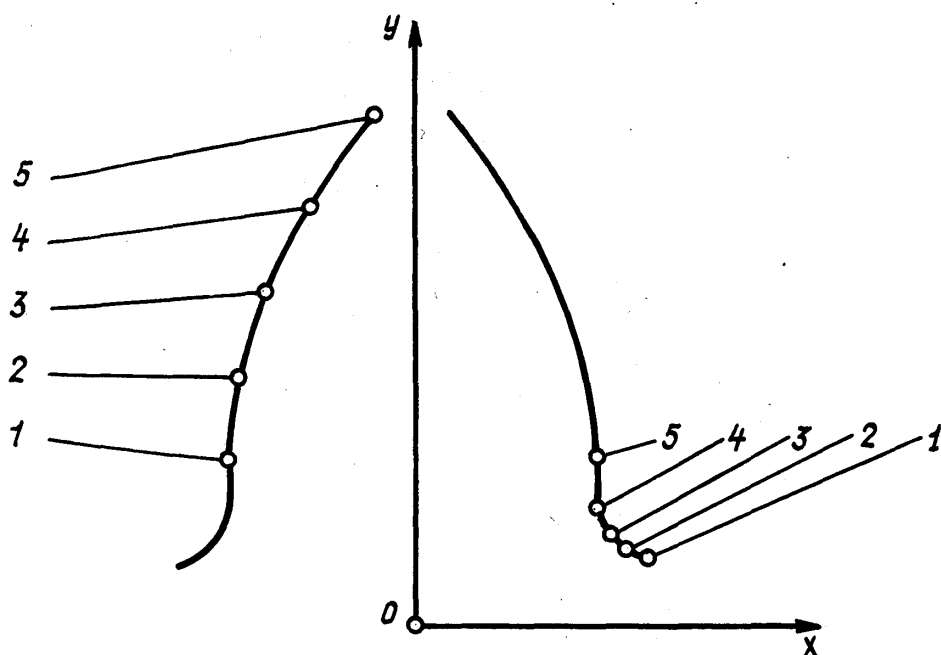
Наименование параметра	Расчетная формула	Номинальный размер
Коэффициент смещения у долбяка	$x_o = \frac{2s_o - \pi m}{4m \operatorname{tg} \alpha}$	0,11
Угол станочного зацепления колеса с долбяком, град	$\operatorname{inv} \alpha_{w02} = \frac{2(x_2 - x_o) \operatorname{tg} \alpha}{z_2 - z_o} + \operatorname{inv} \alpha$	25,39
Межосевое расстояние в станочном зацеплении колеса с долбяком, мм	$a_{w02} = \frac{(z_2 - z_o)m}{2} \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_{w02}}$	56,168
Вспомогательная величина	$K_2 = 0,25 - 0,125 x_2$	0,134
Диаметр вершин зубьев колеса, мм	$d_{a2} = d_2 - 2(K_a^* - x_2 + \Delta y - K_2)m$	159,143
Диаметр впадин колеса, мм	$d_{f2} = 2a_{w02} + d_{a0}$	171,477

№ изм. 1
№ изв. 11549

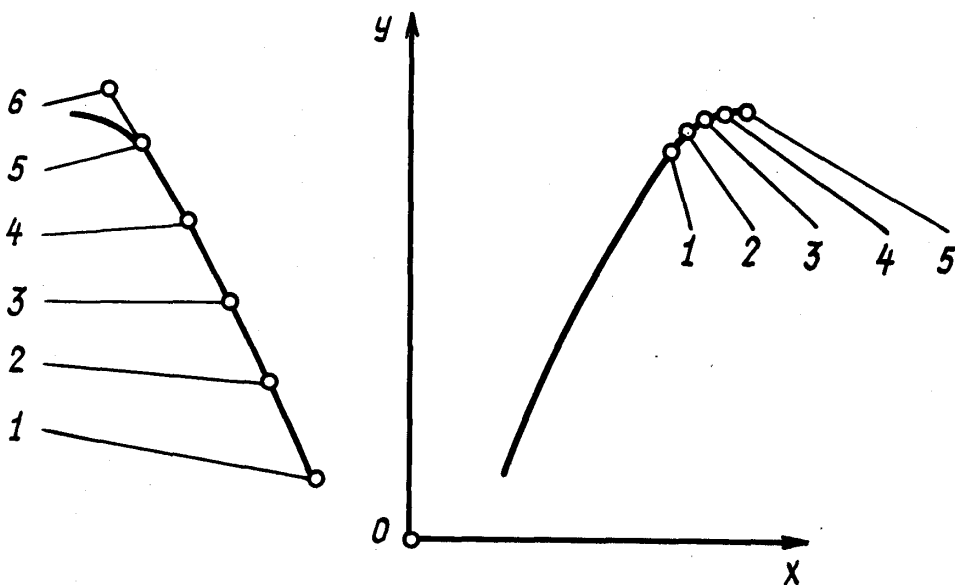
4008

Изм. № дубликата
Изм. № подлинника

10. Профили зубьев шестерни и колеса построены по координатам, указанным в табл. 10-13, и приведены на черт. 1 и 2.



Черт. 1



Черт. 2

№ изм.
№ изв.

4006

Изм. № дубликата
Изм. № переиздания

[illegible]

Таблица 10

12. Номинальные размеры координат точек эвольвенты зуба колеса приведены в табл. 11

Таблица 11

Наименование параметра	Расчетная формула	Номинальный размер для точки					
		1	2	3	4	5	6
Диаметр окружности, мм	d_{y2}	159,540	163,000	165,500	168,000	170,500	172,080
Угол профиля в точке на окружности диаметра d_y , град	$\cos \alpha_{ys2} = \frac{d_{b2}}{d_{y2}}$	20,53	23,56	25,47	27,21	28,80	29,74
Половина угловой толщины зуба на окружности диаметра d_y , град	$\psi_{ys2} = \psi_{b2} + \text{inv} \alpha_{y2}$	1,04	1,54	1,93	2,36	2,81	3,11
Координаты точки эвольвенты, мм	$X = 0,5 d_{y2} \sin \psi_{y2}$ $Y = 0,5 d_{y2} \cos \psi_{y2}$	1,448 79,757	2,190 81,471	2,787 82,703	3,459 83,929	4,179 85,148	4,668 85,225

Инд. № дубликата		№ изм.											
Инд. № подлинника	4006	№ изв.											

Продолжение табл. 12

Наименование параметра	Расчетная формула	Номинальный размер для точки				
		1	2	3	4	5
Диаметр окружности, проходящей через точку $У$, мм	$d_y = d_{w01} \frac{\cos \mu_{w0}}{\cos \mu_y}$ <p>при $\mu_{w0} = 90^\circ$</p> $d_y = d_{w01} - 2y_{D0} - 2\rho_{K0}$	31,019	29,407	28,713	28,336	28,218

14. Номинальные размеры параметров переходной кривой зуба колеса, окончательно обработанного зуборезным долбяком, приведены в табл. 13.

Таблица 13

Наименование параметра	Расчетная формула	Номинальный размер для точки				
		1	2	3	4	5
Текущий угол станочного зацепления, град	μ_{w0}	25,39	42,00	58,00	74,00	90,00
Диаметр окружности, проходящей через центр скругления кромки зуба долбяка, мм	$d_{D0} = d_{a0} - 2\rho_{K0}$	56,94				
Угол профиля эвольвенты в точке на окружности, проходящей через центр скругления кромки долбяка, град	$\cos \alpha_{D0} = \frac{mz_0}{d_{D0}} \cos \alpha$	32,68				
Угловая координата центра скругления, рад	$\delta_{D0} = \text{inv} \alpha_{D0} + \frac{2\rho_{K0}}{mz_0 \cos \alpha}$	0,11703				

Иив. № дубликата

Иив. № подлинника

4006

№ изм.

№ изв.

Продолжение табл. 13

Наименование параметра	Расчетная формула	Номинальный размер для точки				
		1	2	3	4	5
Начальный диаметр долбяка в станочном зацеплении, мм	$d_{wo} = m Z_o \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_{wo2}}$	53,048				
Угол профиля эвольвенты в точке на окружности, град	$\cos \tau_{yo} = \frac{d_{wo}}{d_{do}} \cos \mu_{wo}$ при $\mu_{wo} = 90^\circ$ $\tau_{yo} = 90^\circ$ $\operatorname{tg} \mu_{yo} = \operatorname{tg} \tau_{yo} + \frac{2 \rho_{ko}}{d_{do}} \frac{1}{\cos \tau_{yo}}$	34,51	47,67	61,48	75,67	-
Расстояние от центра скругления кромки долбяка до полюса станочного зацепления, мм	$l_o = 0,5 d_{wo} \cos \mu_{wo} (\operatorname{tg} \tau_{yo} - \operatorname{tg} \mu_{wo})$ при $\mu_{wo} = 90^\circ$ $l_o = 0,5 (d_{do} - d_{wo})$	3,999	2,792	2,269	2,019	1,946
Угол профиля в точке на окружности заданного диаметра d_y , град	$\operatorname{tg} \mu_y = \frac{z_2 - z_o}{z_2} \operatorname{tg} \mu_{wo} + \frac{z_o}{z_2} \operatorname{tg} \mu_{yo}$ при $\mu_{wo} = 90^\circ$ $\mu_y = 90^\circ$	28,50	43,94	59,20	74,57	90,00
Диаметр окружности, проходящей через точку Y, мм	$d_y = m Z_2 \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_{wo2}} \frac{\cos \mu_{wo}}{\cos \mu_y}$ при $\mu_{wo} = 90^\circ$ $d_y = d_f = 2 a_{wo} + d_{ao}$	170,013	170,684	171,160	171,340	171,477

16. Номинальные размеры диаметров граничных точек зон зацепления приведены в табл. 14.

Таблица 14

Наименование параметра	Расчетная формула	Номинальный размер
Радиус кривизны профиля зуба в верхней граничной точке однопарного зацепления, мм	$\rho_{u1} = \rho_{p1} + \rho_a$	11,226
	$\rho_{u2} = \rho_{p2} - \rho_a$	30,232
Угол профиля зуба в верхней граничной точке однопарного зацепления, град	$\operatorname{tg} \alpha_{u1} = \frac{2\rho_{u1}}{d_{b1}}$	35,91
	$\operatorname{tg} \alpha_{u2} = \frac{2\rho_{u2}}{d_{b2}}$	22,03
Диаметр окружности верхних граничных точек однопарного зацепления, мм	$d_{u1} = \frac{2\rho_{u1}}{\sin \alpha_{u1}}$	38,281
	$d_{u2} = \frac{2\rho_{u2}}{\sin \alpha_{u2}}$	161,200
Радиус кривизны профиля зуба в точке на окружности выступа, мм	$\rho_{a1} = 0,5 d_{a1} \sin \alpha_{a1}$	13,485
	$\rho_{a2} = 0,5 d_{a2} \sin \alpha_{a2}$	27,975
Радиус кривизны профиля зуба в нижней граничной точке однопарного зацепления, мм	$\rho_{v1} = \rho_{a1} - \rho_a$	4,628
	$\rho_{v2} = \rho_{a2} + \rho_a$	36,832
Угол профиля зуба в нижней граничной точке однопарного зацепления, град	$\operatorname{tg} \alpha_{v1} = \frac{2\rho_{v1}}{d_{b1}}$	16,62
	$\operatorname{tg} \alpha_{v2} = \frac{2\rho_{v2}}{d_{b2}}$	26,25
Диаметр окружности нижних граничных точек однопарного зацепления, мм	$d_{v1} = \frac{2\rho_{v1}}{\sin \alpha_{v1}}$	32,363
	$d_{v2} = \frac{2\rho_{v2}}{\sin \alpha_{v2}}$	166,550

№ изм.
№ изв.

4006

Изм. № дубликата
Изм. № подлинника

17. Номинальные величины кинематических параметров приведены в табл. 15

Таблица 15

Наименование параметра	Расчетная формула	Номинальная величина
Удельные скольжения в нижней точке активного профиля зуба	$v_{p1} = - \frac{(\operatorname{tg} \alpha_{a2} - \operatorname{tg} \alpha_w)(u-1)}{\operatorname{tg} \alpha_w + u(\operatorname{tg} \alpha_{a2} - \operatorname{tg} \alpha_w)}$	8,81
	$v_{p2} = - \frac{(\operatorname{tg} \alpha_{a1} - \operatorname{tg} \alpha_w)(u-1)}{u \operatorname{tg} \alpha_w + (\operatorname{tg} \alpha_{a1} - \operatorname{tg} \alpha_w)}$	-0,691

№ 13и.
№ 13в.

4006

Изм. № дубликата
Изм. № подлинника

