

РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТИ ПРОФИЛИРОВАНИЯ ПРИ НАРЕЗАНИИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ДИСКОВЫМИ МОДУЛЬНЫМИ ФРЕЗАМИ

А. А. АСМУС

(Представлена научным семинаром кафедр технологии машиностроения, станков
и резания металлов)

Профиль дисковой модульной фрезы данного номера рассчитывается по наименьшему числу зубьев колес, нарезаемых фрезой.

При нарезании фрезой колеса с наибольшим числом зубьев, которое может быть нарезано данным номером фрезы, возникают погрешности профилирования Δf . Расчет погрешности Δf можно производить по следующей методике.

Рассчитываются координаты профиля колес при наименьшем и наибольшем числах зубьев, нарезаемых данным номером фрезы. Схема для расчета координат точек профиля приведена на рис. 1.

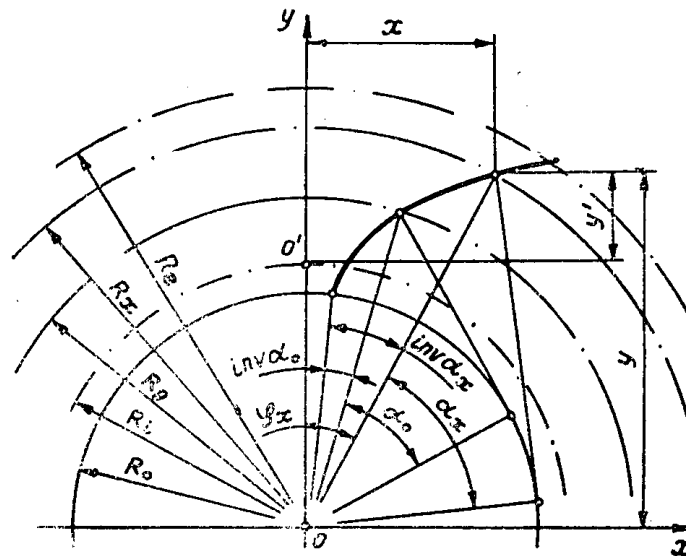


Рис. 1

Задаются значениями R_x в пределах от R_i (в случае, если $R_i \gg R_0$) и от R_0 (в случае, если $R_i < R_0$) до R_e .

Определяется значение α_x из зависимости

$$\cos \alpha_x = \frac{R_0}{R_x}.$$

Зная ширину впадины между зубьями $S_{\text{вп.д}}$ по дуге делительной окружности радиуса R_d , определяют угол φ_x :

$$\varphi_x = \frac{S_{\text{вп.д}}}{2R_d} + \text{inv}\alpha_x - \text{inv}\alpha_0.$$

Тогда координаты точек эвольвенты будут:

$$x = R_x \cdot \sin \varphi_x,$$

$$y' = R_x \cdot \cos \varphi_x - R_t.$$

Наибольшая погрешность профилирования будет у точек профиля, расположенных на радиусе R_e наружной окружности колеса. В связи с этим достаточно определить координаты одной точки при $R_x = R_e$.

На рис. 2 изображены два профиля, один из которых I соответствует профилю зуба колеса с Z_{min} , а второй II — с Z_{max} для данного номера дисковой фрезы. Точки A и B расположены на наружном диаметре колес.

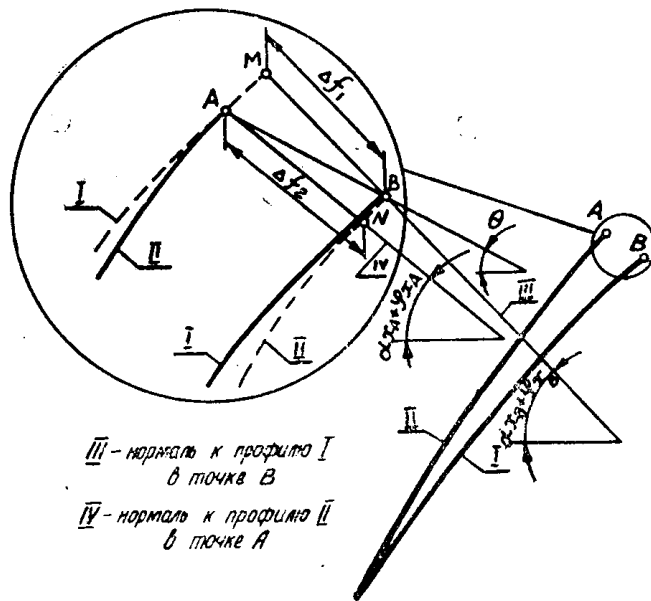


Рис. 2

Для определения погрешности профиля (согласно позиции 10 пункта 9 ГОСТ 1643-56) через точку A надо провести теоретический профиль I, а через точку B провести нормаль к профилю I (прямая III).

Тогда погрешность профиля

$$\Delta f_1 = MB \approx AB \cdot \cos(\alpha_{xB} + \varphi_{xB} - \theta).$$

Или, рассуждая аналогично, через точку B можно провести теоретический профиль II и нормаль к профилю в точке A (прямая IV). Тогда

$$\Delta f_2 = AN \approx AB \cdot \cos(\alpha_{xA} + \varphi_{xB} - \theta),$$

где

$$AB = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_A - y_B)^2}.$$

За ошибку профилирования Δf можно принять

$$\Delta f = \frac{\Delta f_1 + \Delta f_2}{2}$$

Таблица 1

№	Для колес 9 степени точности											Для колес 10 степени точности										
	1,5	2	2,5	4	6	8	10	12	14	16	1,5	2	2,5	4	6	8	10	12	14	16		
1	107	142	180	230	331	352	—	—	—	—	65	90	114	144	202	217	—	—	—	—		
1 ^{1/2}	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
2	150	203	253	322	465	460	—	—	—	—	95	128	159	202	285	293	—	—	—	—		
2 ^{1/2}	—	—	—	—	—	—	268	251	294	336	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
3	150	203	240	310	440	460	212	198	215	232	95	128	155	190	269	293	135	127	138	148		
3 ^{1/2}	—	—	—	—	—	—	161	161	188	204	—	—	—	—	—	—	100	104	121	129		
4	132	169	210	271	385	377	122	122	135	155	84	109	135	166	236	235	74	79	85	98		
4 ^{1/2}	—	—	—	—	—	—	216	205	238	272	—	—	—	—	—	—	135	129	151	172		
5	152	202	236	310	405	453	248	235	276	314	98	131	152	189	255	284	155	149	174	199		
5 ^{1/2}	—	—	—	—	—	—	232	243	273	268	—	—	—	—	—	—	148	148	172	164		
6	160	215	242	306	415	482	250	218	247	290	103	139	151	193	264	310	160	133	151	177		
6 ^{1/2}	—	—	—	—	—	—	270	278	357	327	—	—	—	—	—	—	171	171	200	205		
7	145	193	204	249	385	425	271	260	304	312	89	118	126	163	245	266	169	163	190	198		
7 ^{1/2}	—	—	—	—	—	—	230	215	252	253	—	—	—	—	—	—	141	137	161	162		
8	46	50	64	90	105	129	163	135	157	180	28	32	41	58	71	81	102	87	101	116		

или

$$\Delta f = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_A - y_B)^2} \cos(\alpha_x + \varphi_x - \Theta),$$

где x_A ; y_A и x_B ; y_B — соответственно координаты точек A и B .

$$\alpha_x = \frac{\alpha_{x_A} + \alpha_{x_B}}{2} \quad \text{и} \quad \varphi_x = \frac{\varphi_{x_A} + \varphi_{x_B}}{2},$$

$$\operatorname{tg} \Theta = \frac{y_A - y_B}{x_B - x_A}.$$

Используя вышеописанную методику, автор рассчитал погрешности профилирования для дисковых модульных фрез по ГОСТ 10996-64. Расчет координат x и y производился на электронно-вычислительной машине «Минск-1». Полученные в результате расчета погрешности Δf сравнивались с допустимыми погрешностями профиля зубчатых колес δf по ГОСТ 1643-56. Результаты сравнения для колес 9 и 10 степеней точности приведены в табл. 1. В таблице приводятся значения $\frac{\Delta f}{\delta f} \cdot 100\%$.

Значения δf для 9 и 10 степеней точности получены из значений δf 8 степени точности путем умножения их на коэффициенты: 1,6 — для девятой степени точности, $1,6^2$ — для десятой степени точности.

Из анализа данных табл. 1 следует, что дисковыми модульными фрезами по ГОСТ 10996-64 невозможно нарезать во всех случаях колеса 9 и 10 степеней точности.

В отдельных случаях погрешности превышают допустимые отклонения даже 11 степени точности.

Обращает на себя внимание и тот факт, что величина $\frac{\Delta f}{\delta f} \cdot 100\%$ резко изменяется для различных номеров фрезы.

Так, в случае нарезания колес модулем 14 мм 10 степени точности фрезой № 4 величина $\frac{\Delta f}{\delta f} \cdot 100\%$ будет 85%, а для колес, нарезаемых фрезой № 6 $\frac{1}{2}$, соответственно 200%.

Уменьшения разницы величин $\frac{\Delta f}{\delta f} \cdot 100\%$ можно достичь за счет изменения предела чисел зубьев, нарезаемых каждым номером фрезы

Вывод

Предлагаемая в статье методика позволяет рассчитать возникающие при нарезании зубчатых колес дисковыми модульными фрезами погрешности профилирования.