

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Тольяттинский государственный университет
Институт машиностроения
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФАСОННЫХ РЕЗЦОВ

Методические указания к курсовой работе по дисциплине
«Металлорежущие инструменты и инструментальная оснастка»
для студентов специальностей 15.03.01 и 15.03.05

УДК 621.923.6

Проектирование фасонных резцов : метод. указания / сост. Л.А. Резников. – Тольятти : ТГУ, 2019. – 12 с.

Приведен алгоритм расчета геометрических параметров призматических и круглых фасонных резцов, работающих с радиальной подачей, и даны указания по выбору элементов их конструкции.

Для студентов специальностей 15.03.01 и 15.03.05.

Ил.9. Табл.9. Библиогр.: 3 назв.

Составитель: к.т.н., доцент Резников Л.А.

Утверждено на заседании кафедры
«Оборудование и технологии машиностроительного производства»

1. АЛГОРИТМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ФАСОННОГО РЕЗЦА И ПРИМЕР ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

1.1.1. Обрабатываемый материал, его предел прочности σ_B (МПа) или твердость НВ (МПа).

В рассматриваемом далее примере материал заготовки – сталь А20 ($\sigma_B = 450$ МПа).

1.1.2. Чертеж профиля изделия, для которого проектируется резец, аналогичный рис. 1.

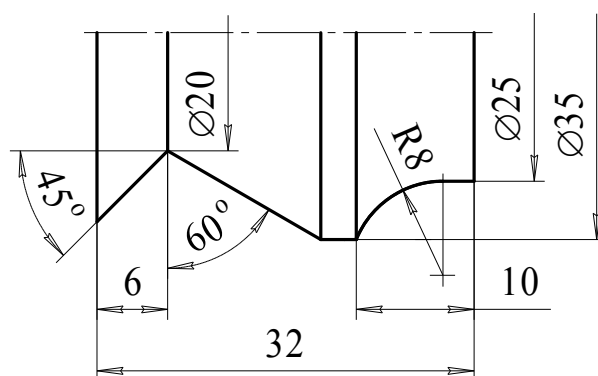


Рис. 1. Пример чертежа профиля

1.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ ТОЧЕК ПРОФИЛЯ ИЗДЕЛИЯ

1.2.1. Определяют наименьший обрабатываемый фасонным резцом диаметр изделия и принимают его в качестве базового диаметра d_0 (для профиля, показанного на рис. 1, $d_0 = 20$ мм).

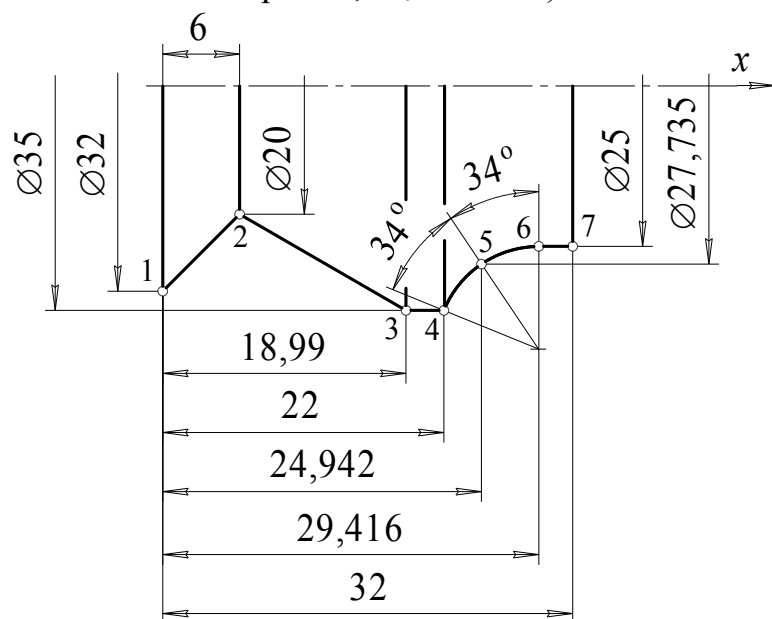


Рис. 2. Основные точки профиля

1.2.2. Определяют основные точки профиля изделия, по которым будет вестись расчет профиля инструмента (рис. 2). Основными являются крайние правая и левая точки профиля, а также все точки, в которых одна поверхность изделия переходит в другую. Радиусные участки профиля разбивают на квадранты и в каждом квадранте выбирают три точки: начальную, конечную и промежуточную. Обычно в качестве промежуточной выбирают точку, лежащую на биссектрисе угла, который соответствует дуге данного квадранта (см. точку 5 на рис. 2).

Из геометрических соображений для всех выбранных точек профиля определяют диаметральные размеры и координату x , отсчитываемую вдоль оси изделия от одной из крайних точек профиля (на рис. 2 за начало отсчета принята точка 1 на левом торце изделия).

1.3. АНАЛИЗ ПЕРЕДНИХ И ЗАДНИХ УГЛОВ

В РАЗЛИЧНЫХ ТОЧКАХ ПРОФИЛЯ ИНСТРУМЕНТА

1.3.1. Назначают передний и задний углы резца в радиальной секущей плоскости на базовом диаметре. Задний угол α_{ro} выбирают в диапазоне $10...12^\circ$ для круглых резцов и в диапазоне $12...15^\circ$ для призматических.

Передний угол γ_{ro} назначают в зависимости от обрабатываемого материала по табл. 1.

1. Передние углы фасонных резцов

Обрабатываемый материал	σ_b , МПа	НВ, МПа	γ_{ro}°
Алюминий, медь			25
Сталь	до 500		20
	св. 500 до 600		15
	св. 600 до 800		10
	св. 800		5
Чугун		до 180	10
		св. 180 до 200	5
		св. 200	0
Бронза, латунь			5

В рассматриваемом далее примере будет спроектирован круглый фасонный резец, у которого $\alpha_{ro} = 12^\circ$ и, в соответствии с табл. 1, $\gamma_{ro} = 20^\circ$.

1.3.2. Рассчитывают передние и задние углы резца в радиальной секущей плоскости для основных точек профиля:

$$\gamma_{ri} = \arcsin\left(\frac{d_o}{d_i} \sin \gamma_{ro}\right);$$

$$\alpha_{ri} = \alpha_{ro} + (\gamma_{ro} - \gamma_{ri}).$$

1.3.3. Рассчитывают передние и задние углы резца в главной секущей плоскости для тех же точек профиля из соотношений

$$\operatorname{tg} \gamma_i = \operatorname{tg} \gamma_{ri} \cos \varphi_i;$$

$$\operatorname{tg} \alpha_i = \operatorname{tg} \alpha_{ri} \cos \varphi_i,$$

где φ_i – угол профиля в i -ой точке (наименьший угол между касательной к профилю в данной точке и базовой линией).

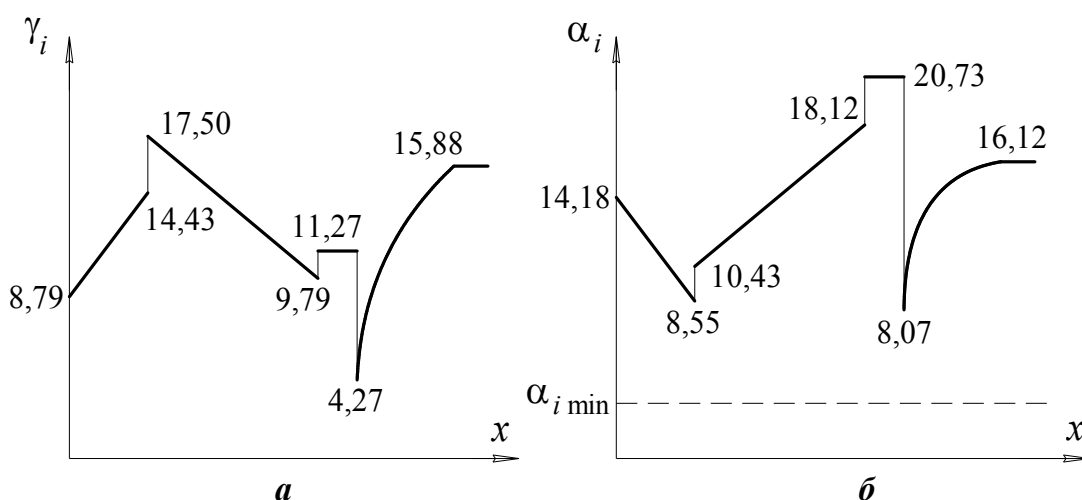
В ряде основных точек профиля происходит скачкообразное изменение величины φ_i , т.е. угол φ_i^- в окрестности точки i слева оказывается не равным углу φ_i^+ в окрестности точки i справа. В этом случае функции $\gamma_i(x)$ и $\alpha_i(x)$ имеют конечный разрыв первого рода. Для определения величины этого разрыва в таких точках профиля рассчитывают по два значения углов γ_i и α_i (первое при $\varphi_i = \varphi_i^-$ и второе при $\varphi_i = \varphi_i^+$).

Результаты расчета сводят в таблицу, аналогичную табл. 2, и отображают в виде графиков (рис. 3). В табл. 2 и на рис. 3 даны результаты расчета углов фасонного резца для обработки профиля, показанного на рис. 2.

Для нормальной работы инструмента необходимо, чтобы выполнялось условие $\alpha_{i \min} > 2^\circ$. Если это условие не выполняется, следует увеличить значение α_{ro} в рамках диапазона, указанного в 1.3.1. Если величина $\alpha_{i \min}$ и после этого остается ниже допустимой, необходимо перейти к проектированию фасонного резца с неортогональным врезанием.

2. Передний и задний углы на профиле резца, град.

i	x_i , MM	d_i , MM	φ_i	γ_{ri}	γ_i	α_{ri}	α_i
1	0	32	45	12,34	8,79	19,66	14,18
2	6	20		20	14,43	12	8,55
					17,50		
3	18,990	35	30	11,27	9,79	20,73	18,12
			0		11,27		20,73
4	22		68		4,27		8,07
5	24,942	27,735	34	14,28	11,92	17,72	14,84
6	29,416	25	0	15,88	15,88	16,12	16,12
7	32						

**Рис. 3. Изменение переднего (а) и заднего (б) углов резца вдоль профиля****1.4. ПРОФИЛИРОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТА**

1.4.1. Рассчитывают высоты исходного профиля по формуле

$$h_i = (d_i - d_o) / 2$$

и промежуточного профиля резца по формуле

$$H_{oi} = h_i \cdot \frac{\cos((\gamma_{ro} - \gamma_{ri}) / 2)}{\cos((\gamma_{ro} + \gamma_{ri}) / 2)}.$$

1.4.2. Для призматических фасонных резцов рассчитывают высоты шлифуемого профиля по формуле

$$H_i = H_{oi} \cos(\gamma_{ro} + \alpha_{ro}).$$

1.4.3. Для круглых резцов прежде, чем рассчитывать значение H_i , необходимо определить наружный диаметр D резца.**3. Наружный диаметр круглого фасонного резца, мм**

d	16	22	27	32	40
D	50	62	80	100	125

Величину D выбирают по табл. 3 в зависимости от диаметра d посадочного отверстия, наименьшее значение которого определяют из необходимой прочности и жесткости оправки с помощью эмпирических зависимостей

$$d = \begin{cases} (3,5...5)L^{0,7} & \text{при } L < 30; \\ (2,5...3)L^{0,6} & \text{при } L \geq 30, \end{cases}$$

где L – ширина обрабатываемого профиля, мм.

В рассматриваемом примере $L = 32$ мм. Расчет показывает, что в этом случае $d = 20...24$ мм. Тогда в соответствии с табл. 3 $d = 22$ мм и $D = 62$ мм.

1.4.4. Рассчитывают высоты шлифуемого профиля круглого фасонного резца по формуле

$$H_i = 0,5D - \sqrt{0,25D^2 + H_{oi}^2 - DH_{oi} \cos(\gamma_{ro} + \alpha_{ro})}.$$

4. Высоты профилей круглого фасонного резца, мм

i	x_i	d_i	γ_{ri}°	h_i	H_{oi}	H_i
1	0	32	12,34	6	6,236	5,077
2	6	20	20	0	0	0
3	18,990	35	11,27	7,5	7,766	6,242
4	22					
5	24,942	27,735	14,28	3,868	4,041	3,344
6	29,416	25	15,88	2,5	2,626	2,193
7	32					

Результаты расчета сводят в таблицу, аналогичную табл. 4.

1.4.5. Рассчитывают радиусы ρ участков профиля резца, которые обрабатывают радиусные участки профиля изделия.

Существует два варианта расположения дуг на профиле изделия.

1) Дуга расположена

так, что ни одна из ее крайних точек не лежит на границе квадранта, перпендикулярной базовой линии (рис. 4, а). В этом случае записывают условия принадлежности к окружности начальной j , конечной m и промежуточной k точек профиля инструмента. Получают систему из трех уравнений

$$\begin{cases} (x_j - x_c)^2 + (H_j - H_c)^2 = \rho^2; \\ (x_k - x_c)^2 + (H_k - H_c)^2 = \rho^2; \\ (x_m - x_c)^2 + (H_m - H_c)^2 = \rho^2, \end{cases}$$

которую разрешают относительно ρ и координат центра дуги x_c и H_c .

2) Дуга на профиле изделия расположена так, что ее крайняя точка лежит на границе квадранта, перпендикулярной базовой линии (рис. 4, б). В этом случае для расчета радиуса окружности используют формулу

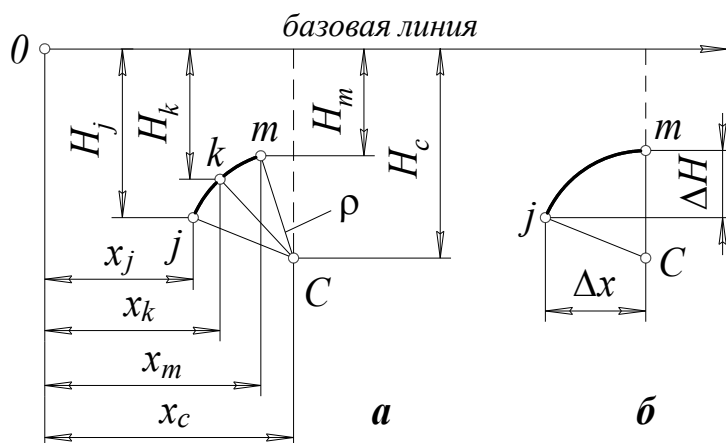


Рис. 4. Варианты расположения радиусных участков профиля

$$\rho = \frac{(\Delta x)^2 + (\Delta H)^2}{2 \cdot \Delta H},$$

в которой $\Delta x = x_m - x_j$; $\Delta H = |H_m - H_j|$. Определение координат центра дуги труда не представляет.

В рассматриваемом примере расчет по последней формуле показывает, что для обработки на профиле изделия участка радиусом $R = 8$ мм на профиле резца должен быть выполнен участок радиусом $\rho = 8,816$ мм.

1.4.6. Определяют углы Φ_i , которые наклонные прямолинейные участки шлифуемого профиля составляют с базовой линией:

$$\operatorname{tg} \Phi_i = \frac{\Delta H_i}{\Delta h_i} \operatorname{tg} \varphi_i,$$

где Δh_i и ΔH_i – разность высот начальной и конечной точек прямолинейного участка в исходном и шлифуемом профилях соответственно.

Например, на участке 1-2 исходного профиля (см. рис. 2), у которого $\varphi_1 = 45^\circ$, $\Delta h_1 = 6$ мм и $\Delta H_1 = 5,077$ мм (см. табл. 4), $\Phi_1 = 40,24^\circ = 40^\circ 14'$.

1.4.7. Производят технологические дополнения к профилю инструмента.

Поскольку размер между торцами заготовки выполняют с достаточно большим допуском, а также может существовать биение этих торцов, крайние участки профиля увеличивают на $l_1 = 1 \dots 2$ мм по сравнению с их номинальным размером.

Если крайний участок профиля обрабатывается с торцом инструмента острый угол, во избежание сколов этого угла профиль дополняют участком длиной $l_2 = 2 \dots 3$ мм, перпендикулярным торцу (рис. 5).

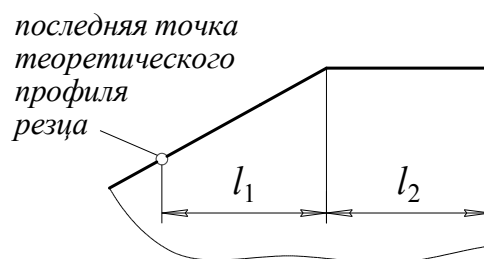


Рис. 5. Технологические дополнения к профилю резца

1.4.8. При необходимости выполняют коррекцию высот шлифуемого профиля, связанную с технологическими дополнениями. В нашем примере,

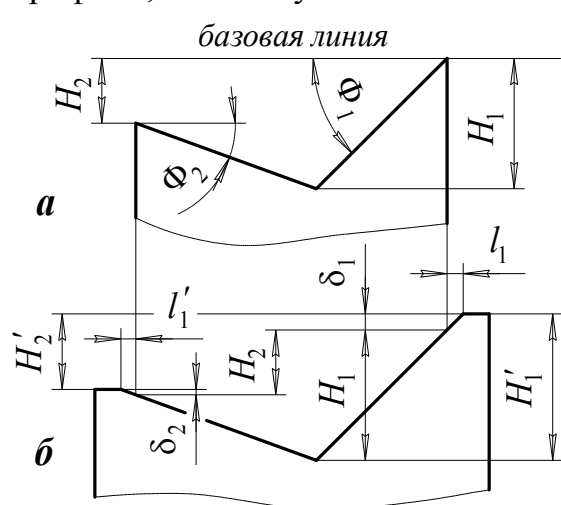


Рис. 6. Коррекция высот шлифуемого профиля

увеличив на $l_1 = 1$ мм горизонтальный размер участка 1-2, следует увеличить высоту шлифуемого профиля в точке 1 на $l_1 \operatorname{tg} \Phi_1 = 0,846$ мм, т.е. проставить на чертеже резца высоту профиля в этой точке 5,923 мм (см. рис. 9).

В тех случаях, когда технологические дополнения затрагивают точки профиля, принадлежащие базовой линии, необходимо корректировать ВСЕ высоты шлифуемого профиля. Например, если наклонный участок теоретического профиля резца заканчивается на базовой линии (рис. 6, а), то все вы-

соты дополненного профиля (рис. 6, б) следует увеличить по сравнению с теоретическими на $\delta_1 = l_1 \operatorname{tg} \Phi_1$, т.е. на чертеже инструмента должны быть проставлены размеры $H'_1 = H_1 + \delta_1$ и $H'_2 = H_2 + \delta_1 - \delta_2$. (Величина $\delta_2 = l'_1 \operatorname{tg} \Phi_2$ в последней формуле возникает из-за дополнения l'_1 левого участка профиля.)

2. КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ФАСОННЫХ РЕЗЦОВ

2.1. Круглые резцы.

2.1.1. Для создания заднего угла α_{ro} ось резца должна находиться выше оси вращения заготовки на величину $K = 0,5D \sin \alpha_{ro}$.

2.1.2. Толщину стенки между посадочным отверстием и плоскостью выреза, исходя из прочности резца, назначают в интервале $p = (0,25 \dots 0,4)d$.

2.1.3. Выполняют проверку на наличие достаточного пространства для размещения стружки в процессе резания. Должно выполняться условие

$$q = 0,5(D \cos \alpha_{ro} - d) - p - h_{\max} \geq 3,$$

где $h_{\max}$ – наибольшая высота профиля изделия. Если это условие не выполняется даже при минимальном значении p , следует увеличить наружный диаметр резца. В рассматриваемом примере $h_{\max} = 7,5$ мм. Назначив $p = 8$ мм, получаем $q \approx 3,8$, т.е. условие выполняется.

2.1.4. Конфигурацию посадочного отверстия (рис. 7) выбирают по табл. 5.

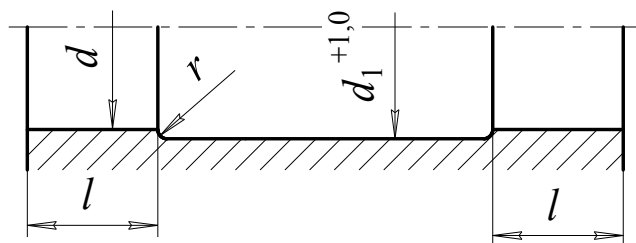


Рис. 7. Посадочное отверстие круглого резца

5. Размеры
посадочного отверстия, мм

d	d_1	l	r
16	18	6...7	1,0
22	24	14	
27	29	16...22	
32	35	26...30	1,5
40	43	35	

2.1.5. С правой стороны резца располагают буртик шириной 3...5 мм и диаметром $(1,5 \dots 1,7)d$, на торце которого делают радиальные рифления для предохранения резца от проворачивания под действием сил резания. Число зубчиков рифлений $32 \div 34$, угол их профиля в нормальном сечении 90° .

2.1.6. Для сохранения величины угла γ_{ro} необходимо, чтобы при заточке резца плоскость его передней поверхности была касательна к цилиндру радиусом $R_3 = 0,5D \sin (\gamma_{ro} + \alpha_{ro})$, называемым радиусом заточки. Значение R_3 указывают на чертеже резца (рис. 9) в технических требованиях и маркируют на инструменте.

2.2. Габариты призматического резца и размеры его хвостовика назначают в зависимости от наибольшей высоты профиля изделия $h_{\max}$ (см. рис. 8 и табл. 6).

2.3. Фасонные резцы изготавливают из быстрорежущей стали (ГОСТ 19265-73) с термообработкой до твердости HRC, 62...66.

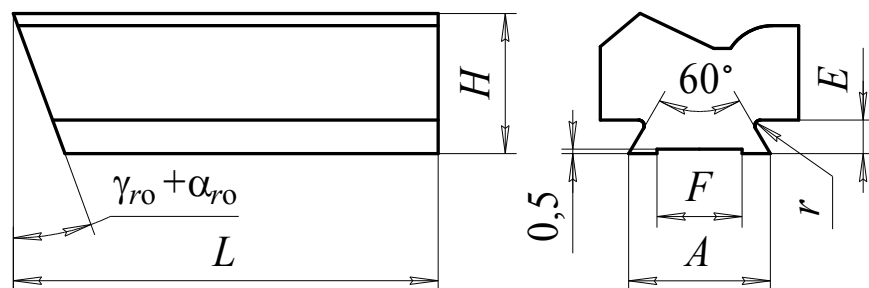


Рис. 8.
Призматический
фасонный резец

6. Размеры призматических резцов, мм

$h_{\max}$	H	L	E	A	F	r
менее 4	13	75	4	15	7	0,5
4...6	20		6	20	10	
6...10	25			25	15	
10...14	35	90	10	30	20	1,0
14...20	45			40	25	
20...28	60	100		60	40	

2.4. Шероховатость поверхностей резцов:

- посадочных поверхностей – $Ra\ 0,32$;
- профиля и передней поверхности инструмента – $Ra\ 0,63$;
- торцовых поверхностей (кроме заднего торца призматического резца) – $Ra\ 1,25$;
- остальных поверхностей – $Ra\ 5,0$.

2.5. Точность конструктивных элементов резцов.

На посадочные размеры назначают допуск по $H7$; на размеры профиля – на 2–3 квалитета меньше, чем на соответствующие размеры профиля изделия, с расположением поля допуска по h ; на остальные размеры – по $\pm IT14/2$.

У круглых резцов допускаемая неперпендикулярность торцов посадочному отверстию $0,006...0,010$ мм.

3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя : в 3 т. / В.И. Анурьев ; под ред. И.Н. Жестковой. – 10-е изд., стер. – М. : Инновационное машиностроение, 2015. – Т. 1. – 927 с.

2. Резников, Л.А. Проектирование сложнопрофильного режущего инструмента : уч. пособие / Л.А. Резников. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2016. – 208 с.

3. Руководство по курсовому проектированию металлорежущих инструментов : учебное пособие для вузов / Г.Н. Кирсанов [и др.] ; под общ. ред. Г.Н. Кирсанова. – М. : Машиностроение, 1986. – 288 с.

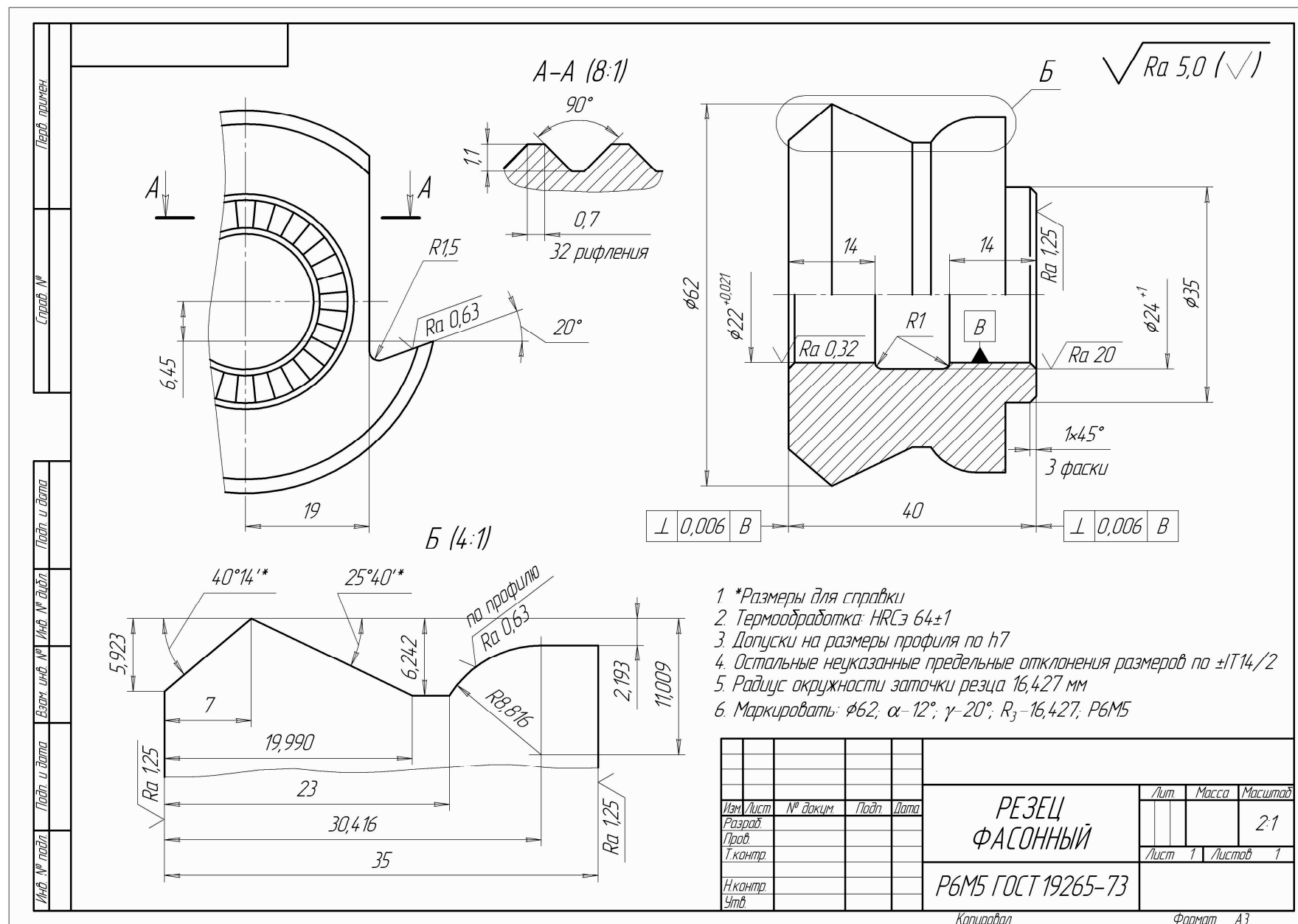


Рис. 9. Рабочий чертеж круглого фасонного резца

ЗАДАНИЯ

на проектирование фасонного резца

Проведите анализ углов, рассчитайте профиль фасонного резца, предназначенного для обработки заготовок по наружному контуру, и разработайте рабочий чертеж инструмента.

Точность профилей всех изделий – 8-й квалитет.

Обрабатываемые материалы см. в табл. I, конфигурации профилей – в табл. II, а их размеры – в табл. III.

Если сумма цифр номера варианта является нечетным числом – проектируйте круглый резец, если четным числом – призматический резец.

I. Материал заготовки

	Наименование	Марка	σ_B , МПа	HB, МПа	ГОСТ
1	Сплав алюминиевый	АД31	250		4784-74
2	Сталь	10Г2	430		19281-73
3		А30Г	540		1414-75
4		ШХ15	630		801-78
5		40ХН	980		4543-71
6	Чугун	СЧ15		160	1412-85
7		СЧ25		190	
8		ВЧ45		210	7293-85
9	Медь	М1	200		859-78
0	Бронза безоловянная	БрА9Ж4	390		493-79

II. Фасонные профили

1		3	
2		4	

5		8	
6		9	
7		0	

III. Размеры профиля, мм

	D	R	r	L	l	a	τ°
1	40	10	5	40	15	2,5	10
2		12	6	45		3,0	
3		16	8	50		4,0	12
4		18	9	55	20	4,5	
5		20	10	60		5,0	15
6	50	22	11	65	25	5,5	
7		24	12	70		6,0	18
8		26	13	75		6,5	
9		28	14	80	25	7,0	20
0		30	15	85		7,5	