

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

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОТЯЖЕК ДЛЯ ОБРАБОТКИ
ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОТВЕРСТИЙ**

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 протяжек для обработки цилиндрических отверстий : метод. указания / сост. Л.А. Резников. – Тольятти : ТГУ, 2019. – 10 с.

Приведен алгоритм расчета геометрических параметров круглых протяжек и даны указания по выбору элементов их конструкции.

Для студентов специальностей 15.03.01 и 15.03.05.

Ил.5. Табл.5. Библиогр.: 5 назв.

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

Утверждено на заседании кафедры
«Оборудование и технологии машиностроительного производства»

1. АЛГОРИТМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КРУГЛОЙ ПРОТЯЖКИ

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Наименование параметра		Обозначение	Единица измерения	Значение параметра
Диаметр отверстия	под протягивание	$D_0 H12$	мм	
	после протягивания	D		
Предельное отклонение диаметра D	верхнее	ES		
	нижнее	EI		
Длина протягивания		L_0		
Обрабатываемый материал	марка			
	предел прочности	σ_B	МПа	

1.2. РАСЧЕТ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕЖУЩЕЙ ЧАСТИ ПРОТЯЖКИ

1.2.1. Назначают передний и задний углы протяжки. Задний угол режущих зубьев выбирают в диапазоне $\alpha = 2...3^\circ$. Передний угол γ назначают в зависимости от обрабатываемого материала по табл. 1.

1. Передние углы протяжек

Обрабатываемый материал	σ_B , МПа	γ°
Алюминий, медь		12...15
Сталь	до 600	15...18
	св. 600 до 800	12...15
	св. 800	10...12
Чугун	до 250	8...10
	св. 250	5...8
Бронза, латунь		0...5

1.2.2. Рассчитывают шаг режущих зубьев по эмпирической формуле

$$t = (1,25...1,5)\sqrt{L_0}.$$

Выбирают шаг t , соответствующий найденному диапазону, из табл. 2.

1.2.3. По величине t из табл. 2 назначают размеры стружечных канавок, геометрия которых показана на рис. 1. При $t \geq 6$ мм каждому шагу в табл. 2

соответствует не одна глубина канавки h . В качестве начального варианта выбирают наибольшее значение h , чтобы обеспечить максимальную с точки зрения размещения стружки в канавке толщину среза при протягивании. В дальнейшем значение h может быть скорректировано в сторону уменьшения после проверки режущей части протяжки на прочность (см. 1.2.7).

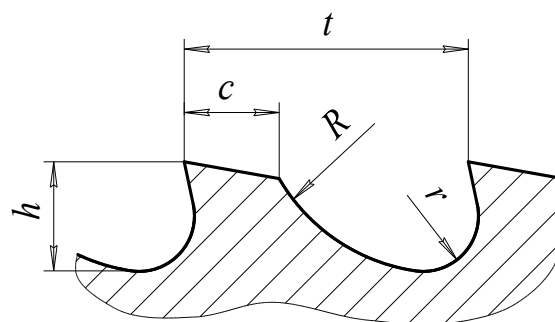


Рис. 1. Стружечная канавка

2. Размеры стружечных канавок, мм

t	h	c	r	R	$F_{\text{к}}, \text{ мм}^2$	t	h	c	r	R	$F_{\text{к}}, \text{ мм}^2$
4,5	2	1,5	1	2,5	3,14	14	4	4	2	10	12,57
6		2		4			4,91		5		2,5
	2,5		3		28,27						
8	3	3	1,25	5	7,07	16	4,5	2,5	12	19,63	
			1,5					3		28,27	
10	4		2	7				12,57		7	3,5
		3			2,5	19,63					
12	3	4	1,5	8	7,07	18	6	3		28,27	
	4		2		12,57			7		3,5	38,48

1.2.4. Рассчитывают толщину среза, приходящегося на один зуб протяжки, из условия помещаемости стружки в стружечной канавке:

$$a_z = \frac{F_{\text{к}}}{KL_0},$$

где $F_{\text{к}}$ – площадь сечения канавки (см. табл. 2); K – коэффициент заполнения канавки. При обработке стальных, алюминиевых и медных заготовок $K = 3,5 \dots 4$, при обработке заготовок из чугуна, бронзы и латуни $K = 2 \dots 2,5$.

Полученную величину a_z округляют с точностью до 0,001 мм.

1.2.5. Рассчитывают силу, приходящуюся на 1 мм длины обрабатываемого контура, по формуле

$$p_z = C_p \sigma_{\text{в}} a_z^{0,85} K_{\gamma},$$

где $K_{\gamma} = (90 - \gamma) / 75$.

При обработке алюминиевых и медных сплавов $C_p \approx 2,0$, чугуна $C_p \approx 2,6$, углеродистых сталей $C_p \approx 3,3$, легированных сталей $C_p \approx 4,3$.

1.2.6. Определяют число одновременно работающих режущих зубьев

$$q = \left[\frac{L_0}{t} + 1 \right].$$

1.2.7. Рассчитывают усилие протягивания

$$P_{\text{т}} = \pi p_z D q$$

и напряжения в канавке перед первым зубом режущей части протяжки

$$\sigma_1 = \frac{4P_{\text{т}}}{\pi(D_0 - 2h)^2}.$$

Должно выполняться условие $\sigma_1 \leq [\sigma_{\text{н}}]$, где допускаемое напряжение на растяжение для протяжек из быстрорежущей стали $[\sigma_{\text{н}}] = 400 \dots 450$ МПа.

Если условие не выполняется, по табл. 2 выбирают меньшее значение глубины стружечной канавки и повторяют расчет, начиная с п.1.2.4.

1.2.8. По табл. 4 выбирают наибольший диаметр хвостовика d_1 , проходящий с зазором в отверстие диаметром D_0 .

1.2.9. Рассчитывают напряжения в опасном сечении хвостовика

$$\sigma_x = \frac{P_T}{F_x},$$

где F_x – площадь опасного сечения, приведенная в табл. 4.

Должно выполняться условие $\sigma_x \leq [\sigma_x]$, где допускаемое напряжение на растяжение для хвостовиков из углеродистой и легированной конструкционной стали $[\sigma_x] = 250...300$ МПа. Если это условие не выполняется, уменьшают толщину среза на черновых зубьях протяжки до значения

$$a_z \leq \left(\frac{F_x}{\pi C_p K_\gamma D q} \cdot \frac{[\sigma_x]}{\sigma_B} \right)^{\frac{1}{0,85}}.$$

1.2.10. Определяют припуск под протягивание

$$A = (D_{\max} - D_{\min})/2,$$

где $D_{\max}$ и $D_{\min}$ – предельные значения соответствующих диаметров.

1.2.11. Рассчитывают число черновых режущих зубьев протяжки

$$z = \frac{A - a'_z z'}{a_z} + 1,$$

подбирая число чистовых режущих зубьев $z' = 1 \div 4$ и толщину среза на чистовом зубе $a'_z \leq 0,5a_z$ таким образом, чтобы z без какого-либо округления оказалось целым числом.

1.2.12. Рассчитывают номинальные диаметры черновых режущих зубьев

$$D_i = D_0 + 2a_z(i - 1)$$

и чистовых режущих зубьев

$$D_{zj} = D_z + 2a'_z j,$$

где $i = 1, 2, \dots, z$; $j = 1, 2, \dots, z'$, а D_z – диаметр последнего чернового зуба.

1.2.13. Рассчитывают длину режущей части протяжки

$$l_p = t(z + z').$$

1.3. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ

КАЛИБРУЮЩЕЙ ЧАСТИ ПРОТЯЖКИ

1.3.1. Передний угол калибрующих зубьев назначают таким же, как у режущих, а задний угол выбирают в диапазоне $\alpha_k = 0,5...1^\circ$.

1.3.2. Выбирают число калибрующих зубьев z_k по табл. 3 в зависимости от качества точности изготавливаемого отверстия.

1.3.3. Рассчитывают шаг калибрующих зубьев $t_k \approx (2/3)t$, который согласуют с шагами, приведенными в табл. 2. По той же табл. 2 выбирают размеры канавки между калибрующими зубьями.

1.3.4. Номинальный диаметр всех калибрую-

3. Число калибрующих зубьев протяжки

Квалитет точности	z_k
6	8
7	7
8	6
9	5
10	4
св. 10	2÷3

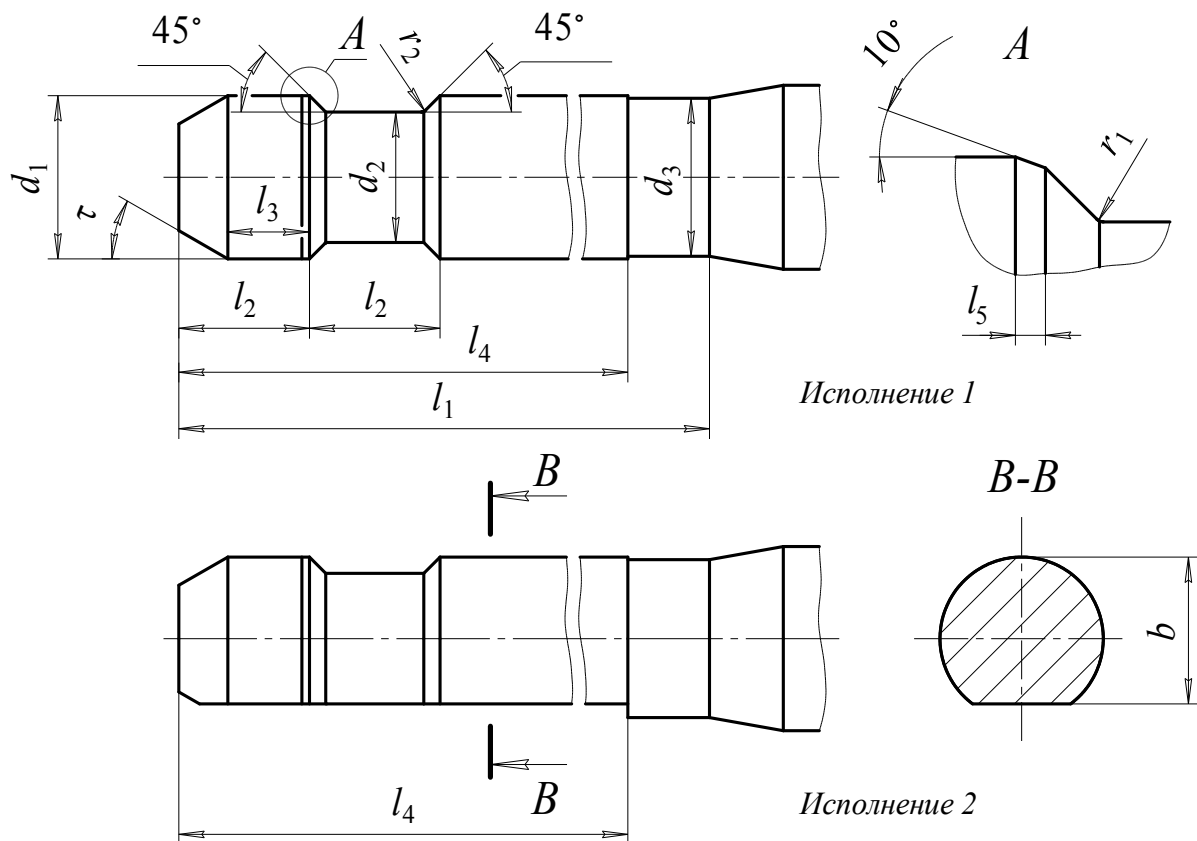


Рис. 2. Хвостовики круглых протяжек по ГОСТ 4044-70

4. Размеры хвостовиков для круглых протяжек, мм

d_1	d_2	d_3	l_1	l_2	l_3	l_4	b	r_1	r_2	l_5	τ°	$F_{x, \text{ мм}^2}$	
12	8	12	120	20	12	100	10,5	0,2	0,6	0,5	10	50,3	
14	9,5	14					12,5	0,3				20	70,9
16	11	16					14						95,0
18	13	18					16						132,7
20	15	20	140	25	16	120	17	1,0	1,0	30	176,7		
22	17	22					19				227,0		
25	19	25					21,5				283,5		
28	22	28	160	32	20	140	24	0,4	1,6	1,5	30	380,1	
32	25	32					27,5					490,9	
36	28	36					31					615,7	
40	32	40	180	32	20	160	34,5	0,5	2,5	1,5	30	804,2	
45	34	45					39					907,9	
50	38	50					43,5					1134,1	
56	42	56	210	40	25	190	48,5	0,6	4,0	2,0	30	1385,4	
63	48	63					55					1809,6	
70	53	70					61					2206,2	
80	60	80	240	50	32	220	69,5	0,8	6,0	2,0	30	2827,4	
90	70	90					78,5					3848,4	
100	75	100					87					4417,9	

щих зубьев одинаков и равен $D_k = D_{\max}$. На зубьях предусматривают ленточку шириной $f = 0,2 \dots 0,3$ мм.

1.3.5. Рассчитывают длину калибрующей части протяжки

$$l_k = t_k z_k.$$

2. КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПРОТЯЖКИ

2.1. Геометрию и размеры хвостовика протяжки назначают в соответствии с рис. 2 и табл. 4.

2.2. Выбирают длину передней направляющей инструмента в диапазоне $l_{\text{пн}} = (0,8 \dots 1,0)L_0$, назначают длину задней направляющей $l_{\text{зн}} = (0,6 \dots 0,8)L_0$ и рассчитывают расстояние до первого зуба $L_1 = 280 + l_{\text{пн}}$.

2.3. Определяют общую длину протяжки

$$L = L_1 + l_p + l_k + l_{\text{зн}}.$$

Чтобы протяжка имела достаточную жесткость, должно выполняться условие $L \leq 40D$. Если это условие не выполняется, следует перейти к проектированию протяжки с групповой схемой срезания припуска или комплекта из нескольких протяжек.

2.4. Для улучшения условий резания на режущих зубьях протяжки выполняют стружкоразделительные канавки, конфигурация которых показана на рис. 3 ($\varepsilon = 60 \dots 90^\circ$; $m = 0,6 \dots 1$ мм; $R_c = 0,3 \dots 0,5$ мм).

Количество канавок рассчитывают по эмпирической формуле

$$n_c = 1,85\sqrt{D},$$

округляя n_c до ближайшего четного числа.

На следующих друг за другом зубьях канавки выполняют в шахматном порядке со смещением на угол $180^\circ/n_c$.

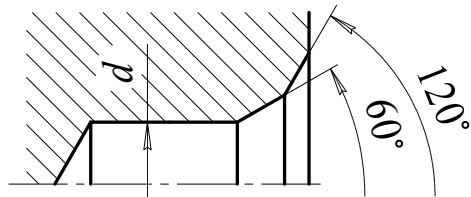


Рис. 4. Центровое отверстие

Диаметры выбирают в зависимости от диаметра протяжки по табл. 5.

5. Диаметры центровых отверстий, мм

D	до 6	6...10	10...14	14...20	20...30	30...40	40...60	60...80	80...100
d	1,6	2,0	2,5	3,15	4,0	5,0	6,3	8,0	10,0

2.6. Протяжки изготавливают сварными, соединяя с помощью контактной стыковой электросварки соплавлением режущую часть из быстрорежущей стали (ГОСТ 19265-73) с хвостовой частью из углеродистой качественной стали (ГОСТ 1050-74) или легированной конструкционной стали (ГОСТ 4543-71), как показано на примере рабочего чертежа протяжки (рис. 5).

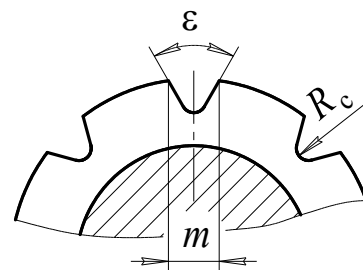


Рис. 3. Канавки для разделения стружки

2.5. Для изготовления, контроля и заточки круглых протяжек их выполняют с центровыми отверстиями формы В по ГОСТ 14034-74 (рис. 4). Диаметр d отверстий

Твердость после термообработки: режущей части HRC₃ 62...66, хвостовой части HRC₃ 44...50.

2.7. Шероховатость поверхностей протяжки (см. рис. 5):

– профиля стружечной канавки, задней поверхности зуба, передней и задней направляющих – Ra 0,63;

– поверхностей хвостовика, контактирующих с замком патрона протяжного станка, – Ra 1,25;

– остальных поверхностей – Ra 2,5.

2.8. Точность конструктивных элементов протяжки.

2.8.1. Допуск на диаметр режущих зубьев назначают в пределах $TD_i = 0,01...0,02$ мм, но не более $0,4a_z$, с расположением поля допуска по h .

2.8.2. Допуск на диаметр калибрующих зубьев $TD_k = TD/3$ с расположением поля допуска по h .

2.8.3. Допускаемое отклонение глубины стружечной канавки не более +0,3 мм при $h_k \leq 4$ мм и не более +0,5 мм при $h_k > 4$ мм.

2.8.4. Чтобы исключить застревание заготовки на направляющих протяжки, поле допуска на диаметр передней направляющей располагают по $e8$, а на диаметр задней направляющей, которая соприкасается с уже обработанной поверхностью, по $f7$.

2.8.5. Допуски на размеры хвостовика (обозначения размеров по табл. 4) назначают следующими:

– на диаметр d_1 – по $e8$;

– на диаметр d_2 – по $c11$;

– на диаметр d_3 – с верхним предельным отклонением $-0,5$ мм и нижним предельным отклонением $-1,0$ мм;

– на размер b – по $e8$.

2.8.6. Отклонение общей длины протяжки не должно превышать ± 3 мм при $L \leq 1000$ мм и ± 5 мм при $L > 1000$ мм.

2.8.7. Предельные отклонения других размеров инструмента назначают по $\pm IT14/2$.

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.

4. Семенченко, И.И. Проектирование металлорежущих инструментов / И.И. Семенченко, В.М. Матюшин, Г.Н. Сахаров. – М. : Машгиз, 1963. – 952 с.

5. Справочник инструментальщика-конструктора / В.И. Климов [и др.]. – М. ; Свердловск : Машгиз, 1958. – 610 с.

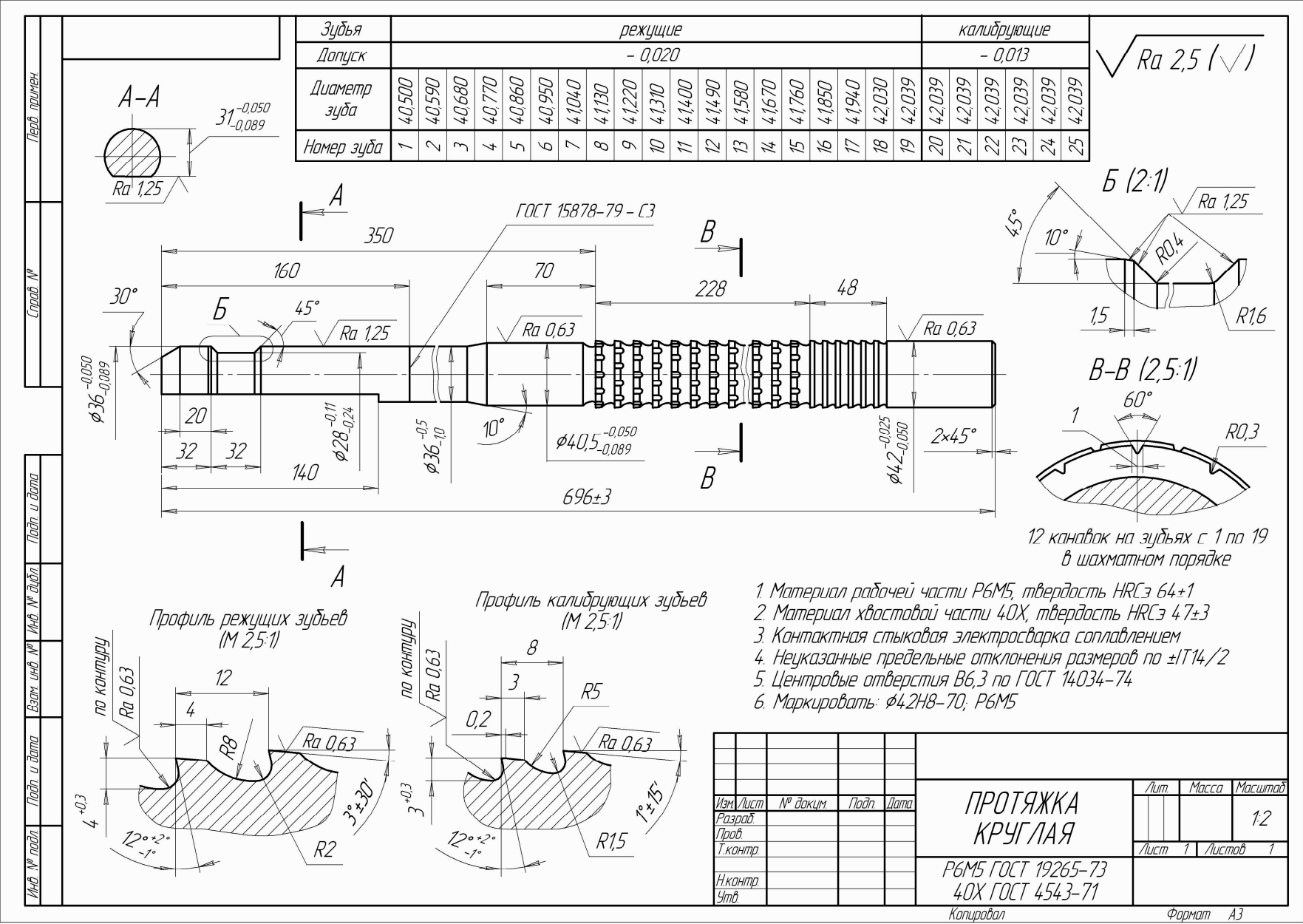


Рис. 5. Рабочий чертеж протяжки

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ на проектирование круглой протяжки

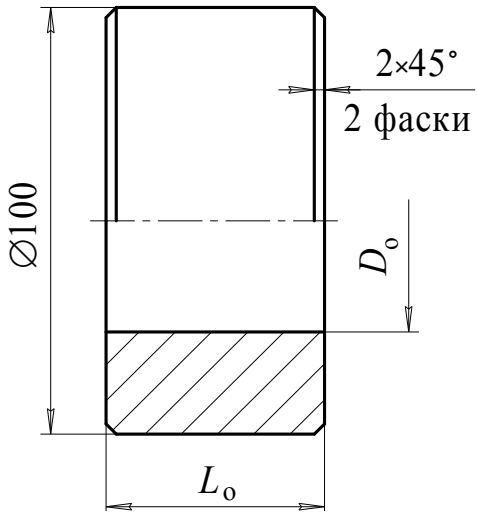
Спроектируйте протяжку для обработки цилиндрического отверстия во втулке и разработайте рабочий чертеж инструмента.

Обрабатываемые материалы см. в табл. I, размеры втулки и отверстия под протягивание D_o – в табл. II, точность отверстия под протягивание – $H12$ (во всех вариантах), а точность отверстия после протягивания – в табл. III.

I. Материал заготовки

	Наименование	Марка	σ_B , 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		20ХН	780	4543-71
6	Чугун серый	СЧ15	150	1412-85
7		СЧ25	250	
8		СЧ35	350	
9	Медь	М1	200	859-78
0	Бронза безоловянная	БрА9Ж4	390	493-79

II. Размеры втулки, мм

		D	L_o	D_o
	1	20	35	18,9
	2	24	40	22,8
	3	28	50	26,6
	4	32	60	30,5
	5	36	70	34,4
	6	40	80	38,2
	7	45	95	43,0
	8	50	110	48,0
	9	55	130	52,7
	0	60	140	57,6

III. Поле допуска готового отверстия

1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
<i>E7</i>	<i>H7</i>	<i>S7</i>	<i>E8</i>	<i>H8</i>	<i>R8</i>	<i>F9</i>	<i>H9</i>	<i>P9</i>	<i>H10</i>