



**Задание 1. Автоматизированное проектирование
 цилиндрической протяжки**

Задание: Спроектировать цилиндрическую протяжку минимально возможной длины для обработки детали, представленной на рис. 1.

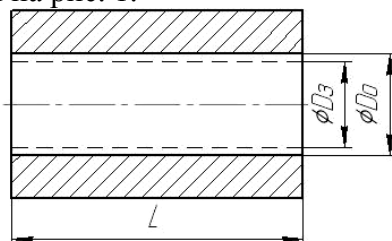


Рис. 1 – Обрабатываемая деталь

Исходные данные для проектирования

Наименование параметра		Обозначение	Ед. измер.	Данные для тестового примера	Диапазон изменения значений	
Диаметр отверстия	под протягивание	$D_3=2 \cdot r_3$	мм	38.75	19...78.6	
	после протягивания	D_0		40	20...80	
Предельное отклонение диаметра D_0	верхнее	ES		+0.025	0.02...0.03	
	нижнее	EI		0	-	
Длина протягивания		L			50	25...100
Обрабатываемый материал	марка			Сталь 45		-
Станок	тяговая сила	P_{cm}	H	204000	-	

Конструкция протяжки

Конструкция протяжки (рис. 2) включает хвостовик, переходной конус, переднюю направляющую, рабочую (режущую и калибрующую) часть, заднюю направляющую.

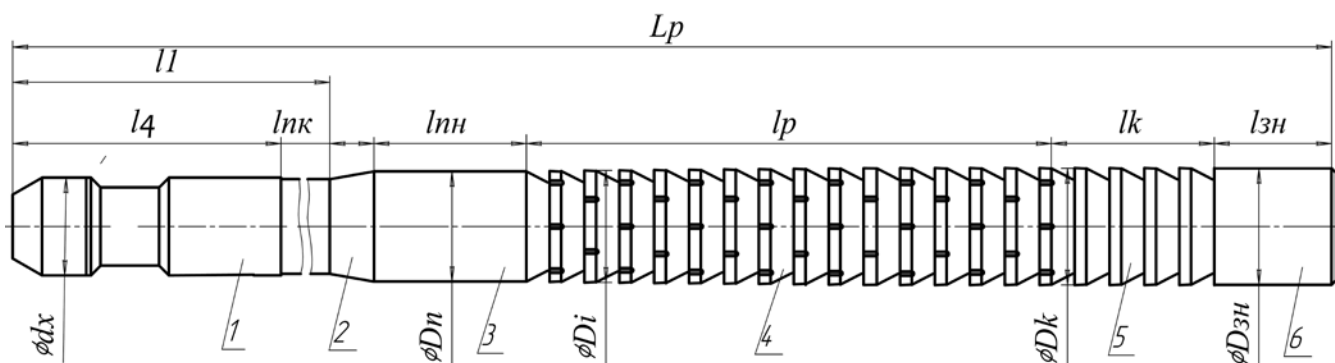


Рис. 2 – Конструкция цилиндрической протяжки:

1 – хвостовик, 2 – переходной конус, 3 – передняя направляющая, 4 – режущая часть, 5 – калибрующая часть, 6 – задняя направляющая.



Протяжки изготавливают сварными, соединяя с помощью контактной стыковой электросварки рабочую часть из быстрорежущей стали Р6М5 ГОСТ 19265-73 ($[\sigma_1] = 400 \text{ МПа}$) с хвостовой частью из легированной конструкционной стали 40Х ГОСТ 4543-71 ($[\sigma_x] = 250 \text{ МПа}$).

Схема срезания припуска протяжки – одинарная, группа обрабатываемых материалов – сталь. Протяжка закрепляется в быстросменном автоматическом патроне.

Порядок решения задачи:

Этап 1. Расчет протяжки:

1. Припуск под протягивание, мм: $A = (D_{0max} - D_3)/2$, где D_{0max} наибольший предельный размер готового отверстия $D_{0max} = D_0 + ES - 0.2(ES - EI)$.
2. Диаметры переднего направления D_n и первого зуба D_{01} : $D_n = D_{01} = D_3$.
3. Выбор наибольшего диаметра круглого хвостовика d_x , проходящего с зазором в отверстие диаметром D_0 , площади опасного сечения хвостовика F_x и размеров хвостовика протяжки в соответствии с рис. 3 и табл. 1.
4. Минимальный допустимый коэффициент заполнения стружечной канавки, постоянная C_p силы резания, поправочные коэффициенты и показатель степени x силы резания равны:

$$k_{min} = 4, C_p = 2230 \text{ Н/мм}^2, k_j = 0.93, k_c = k_u = k_m = 1.0, x = 0.85.$$

Таблица 1 – Размеры хвостовика ГОСТ 4044-70

d_x (e8)	d_2 (c11)	$d_3^{+0.5}_{-1}$	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	r_1	r_2	τ°	$F_x, \text{ мм}^2$
32	25	31.6	240	32	20	140	1	0.4	1.6	30	490.9
36	28	35	240	32	20	140	1.5	0.4	1.6	30	615.7
40	32	40	260	25	20	160	1.5	0.5	2.5	30	804.2

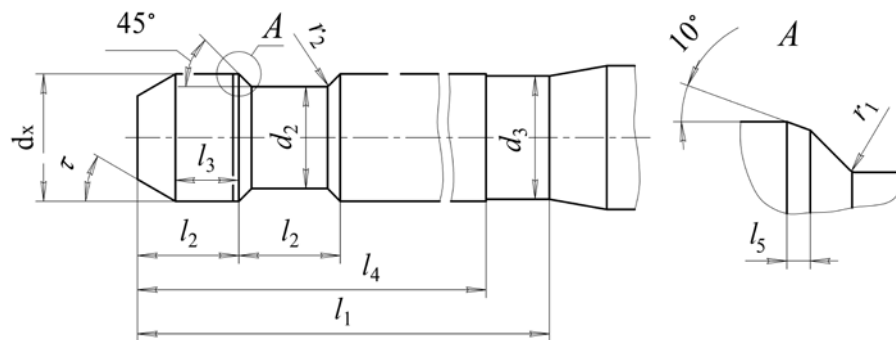


Рис. 3 – Хвостовики круглых протяжек (ГОСТ 4044-70)

5. Определение геометрических и конструктивных параметров режущей части протяжки.

5.1. Передний угол γ назначают равным $\gamma = 12^\circ$. Задний угол α режущих зубьев выбирают равным $\alpha = 3^\circ$.

5.2. Подачу на зуб S_z , шаг зубьев t , глубину стружечной канавки h определяют в результате решения задачи оптимизации. Критерием оптимизации конструктивных элементов режущей части протяжки обычно принимают ее возможную самую малую длину. Длина протяжки зависит от угла наклона Θ образующей конуса, на котором располагаются зубья режущей части. Чем больше Θ , тем короче протяжка. Это условие можно записать целевой функцией оптимизации, что определяет тангенс угла Θ :

$$F = \frac{S_z}{t} \rightarrow \max,$$



**Задание 1. Автоматизированное проектирование
 цилиндрической протяжки**

Ограничения задачи:

№	Ограничения
1	Допустимая тяговая сила станка $C_p \pi D_o S_z^x \left(\frac{L}{t} + 1\right) k_j k_c k_u k_m \leq 0,9 P_{cm}$
2	Допустимая прочность протяжки по хвостовику $C_p \pi D_o S_z^x \left(\frac{L}{t} + 1\right) k_j k_c k_u k_m \leq [\sigma_x] F_x$
3	Прочность протяжки по первом зубу $C_p \pi D_o S_z^x \left(\frac{L}{t} + 1\right) k_j k_c k_u k_m \leq \pi [\sigma_1] (r_3 - h)^2$
4	Степень заполнения стружечной канавки $\frac{\pi h^2}{4 s_z L} \geq k_{min}$
5	Устойчивое базирование заготовки на протяжке $\frac{L}{t} \geq [z_{min}] = 3$
6	Плавность работы протяжки $\frac{L}{t} \leq [z_{max}] = 8$
7	Шаг зубьев с учетом запаса на переточку $t \geq t_{min} = 5$
8	Жесткость протяжки $h \leq 0,17 \cdot D_o$
9	Минимально возможный подъем на зуб $S_z \geq S_{zmin} = 0,015$
10	Целесообразные размеры стружечной канавки $h \geq 0,4 t$

Примечание: Сформулированную оптимизационную задачу можно упростить, если ограничение №10 представить в виде $h = 0,4 t$. В этом случае задача оптимизации будет зависеть от двух неизвестных: подачи на зуб S_z и шага стружечной канавки t .

6. Определенную величину шага стружечной канавки t и величину h глубины стружечной канавки округлить с точностью до 0.1 мм. Величину подачи на зуб S_z принять кратной 0.005 мм (ближайшее меньшее значение).

7. Рассчитывают недостающие размеры стружечной канавки (рис. 4) с точностью 0.1 мм:
 $c = 0,35t$; $r = 0,2t$.

8. Рассчитывают число черновых режущих зубьев протяжки

$$z = \frac{A - s'_z z'}{s_z} + 1,$$

подбирая число чистовых режущих зубьев $z' = 1 \div 3$ и подачу на чистовом зубе $s'_z < s_z$ таким образом, чтобы z без какого-либо округления оказалось целым числом.

9. Рассчитывают номинальные диаметры:

$$\begin{aligned} \text{черновых режущих зубьев} \quad D_i &= D_z + 2s_z(i - 1) \\ \text{чистовых режущих зубьев} \quad D_{cj} &= D_z + 2s'_z j, \end{aligned}$$

где $i = \overline{1, z}$; $j = \overline{1, z'}$, а D_z – номинальный диаметр последнего чернового зуба.

10. Рассчитывают длину режущей части протяжки: $l_p = t(z + z')$.

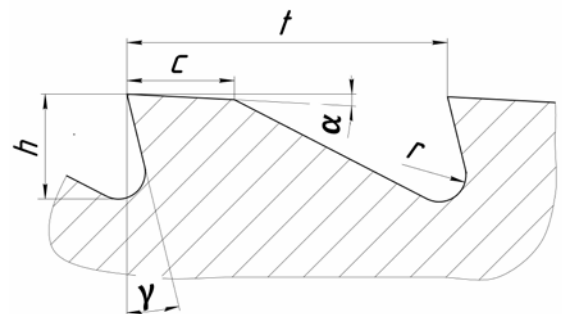


Рис. 4 – Профиль стружечной канавки



Организатор проведения II этапа –
**Национальный технический университет
 Украины „Киевский политехнический
 институт”** <http://itm.kpi.ua/>

Генеральный спонсор
 – Группа компаний
АСКОН
<http://ascon.ru/>



©, Ковалева Л.И.
 ©, НТУУ „КПИ”

**Задание 1. Автоматизированное проектирование
 цилиндрической протяжки**

Коэффициент
 сложности 1,0

11. Расчет параметров калибрующей части протяжки.

11.1. Передний угол калибрующих зубьев назначают таким же, как у режущих, а задний угол выбирают равным $\alpha_k = 1^\circ$.

11.2. Выбирают число калибрующих зубьев $z_k=7$. Рассчитывают шаг калибрующих зубьев $t_k = 0.75t$ и размеры стружечной канавки с точностью 0.1 мм:

$$h = 0.4t_k; \quad c = 0.35t_k; \quad r = 0.2t_k.$$

Номинальный диаметр D_k всех калибрующих зубьев равен $D_k = D_{0max}$.

11.3. Рассчитывают длину калибрующей части протяжки:

$$l_k = t_k z_k.$$

12. Определяют длину передней направляющей $l_{пн} = L$, диаметр $D_{зн} = D_0$ и длину задней направляющей $l_{зн} = 0.8L$, длину переходного конуса $l_{пк}=20$ мм.

13. Определяют общую длину протяжки: $L_p = l_1 + l_{пк} + l_{пн} + l_p + l_k + l_{зн}$.

14. Проверяют протяжку по условию жесткости: $p \leq 40 D_0$.

Если условие не выполняется, следует перейти к проектированию протяжки с групповой схемой срезания припуска или комплекта протяжек.

15. На режущих зубьях протяжки выполняют стружкоразделительные канавки (рис. 5) ($\varepsilon = 60^\circ$; $m = 1$ мм; $R_c = 0.5$ мм). Количество канавок: $n_c = 1,85\sqrt{D_0}$, округляют до ближайшего четного числа. На следующих друг за другом зубьях канавки выполняют в шахматном порядке со смещением на угол $180^\circ/n_c$.

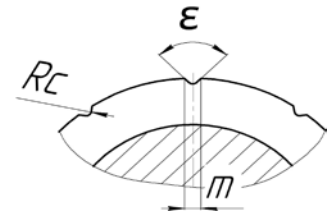


Рис. 5.

Этап 2. Построение 3D-модели протяжки.

Этап 3. Создание рабочего чертежа протяжки. Рабочий чертеж должен содержать главный вид с указанием диаметральных и линейных размеров всех частей протяжки, осевые сечения стружечных канавок режущей и калибрующей частей, вид с указанием размеров стружкоразделительных канавок, таблицу диаметральных размеров зубьев.

Информация об оценке степени выполнения задачи:

Этапы выполнения задания	Бал за правильно выполненный этап	Снижение бала за неточности и ошибки	Суммарный бал за выполненный этап
Расчетная часть задания	0,6	до – 0,3	0,3 – 0,6
Построение 3D-модели протяжки	0,2	до – 0,1	0,1 – 0,2
Создание рабочего чертежа	0,2	до – 0,1	0,1 – 0,2