

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КРУГЛОЙ ПРОТЯЖКИ

Исходные данные

$D = 45R8; D_o = 43H12(^{+0,25}); L_o = 100$ мм;
материал заготовки – сталь 40ХН; $\sigma_B = 800$ МПа

Силовой расчет протяжки

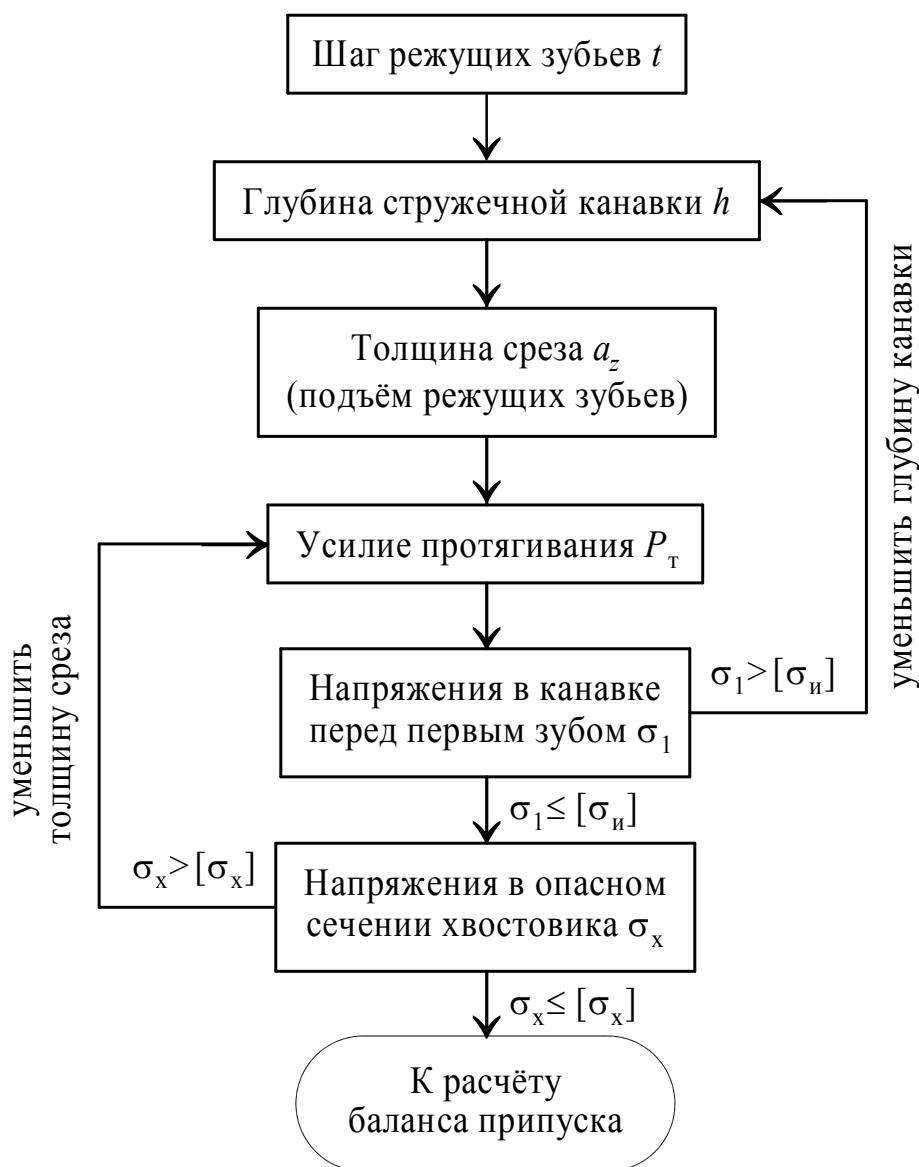


Рис. 1. Алгоритм силового расчёта протяжки

Расчётный шаг режущих зубьев

$$t = (1,25 \dots 1,5) \sqrt{L_o} = 12,5 \dots 15$$

Стандартный шаг режущих зубьев (по табл. 2 из метод. указаний *): $t = 14$ мм

* http://www.levrez.ru/archives/met_prot.pdf

Глубина стружечной канавки (по той же табл. 2): $h = 6 \text{ мм}$ ($F_k = 28,27 \text{ мм}^2$)

Первоначально выбирают наибольшую глубину канавки, предусмотренную стандартом для данного шага зубьев

Коэффициент заполнения канавки

$$K = \begin{cases} 3,5 \dots 4 & \text{— сталь, алюминий, медь} \\ 2 \dots 2,5 & \text{— чугун, бронза, латунь} \end{cases}$$

Толщина среза из условия помещаемости стружки в канавке

$$a_z = \frac{F_k}{KL_0} = \frac{28,27}{4 \cdot 100} = 0,070675 \text{ мм/зуб}$$

У полученного значения a_z оставляют 3 десятичных знака, отбросив остальные!

Усилие протягивания

$$P_T = \pi p_z D q, \text{ Н}$$

Число одновременно работающих режущих зубьев

$$q = \left[\frac{L_0}{t} + 1 \right] = \left[\frac{100}{14} + 1 \right] = [8,143] = 8$$

Сила, приходящаяся на 1 мм длины обрабатываемого контура,

$$p_z = C_p \sigma_B a_z^{0,85} K_\gamma, \text{ Н/мм}$$

$$C_p = \begin{cases} 2,0 & \text{— алюминиевые и медные сплавы} \\ 2,6 & \text{— чугун} \\ 3,3 & \text{— углеродистые стали} \\ 4,3 & \text{— легированные стали} \end{cases}$$

$$K_\gamma = \frac{90 - \gamma}{75}$$

По табл. 1 из метод. указаний для сталей с σ_B свыше 600 до 800 МПа $\gamma = 12 \dots 15^\circ$.

Примем $\gamma = 15^\circ \Rightarrow K_\gamma = 1$.

$$p_z = 4,3 \cdot 800 \cdot 0,070^{0,85} \cdot 1 = 358,8 \text{ Н/мм}$$

$$P_T = 3,14 \cdot 358,8 \cdot 45 \cdot 8 = 405793 \text{ Н}$$

Напряжения в канавке перед первым зубом протяжки

$$\sigma_1 = \frac{4P_T}{\pi(D_0 - 2h)^2} = \frac{4 \cdot 405793}{3,14(43 - 2 \cdot 6)^2} \approx 538 > [\sigma_{и}] = 400 \dots 450 \text{ МПа}$$

Условие $\sigma_1 \leq [\sigma_{и}]$ не выполняется

В соответствии с алгоритмом (рис. 1) необходимо уменьшить глубину канавки.

По табл. 2 из метод. указаний примем $h = 5 \text{ мм}$ ($F_k = 19,63 \text{ мм}^2$) и пересчитаем:

$$a_z = 0,049 \text{ мм/зуб}$$

$$p_z = 265,0 \text{ Н/мм}$$

$$P_T = 299708 \text{ Н}$$

$$\sigma_1 = 350 \text{ МПа} < [\sigma_{и}] - \text{условие выполняется}$$

По табл. 4 и рис. 2 из метод. указаний выберем наибольший хвостовик протяжки (исполнение I), который проходит с зазором в предварительно изготовленное отверстие диаметром D_0 :

$$d_1 = 40 \text{ мм} (F_x = 804,2 \text{ мм}^2)$$

Напряжения в опасном сечении хвостовика

$$\sigma_x = \frac{P_T}{F_x} = \frac{299708}{804,2} \approx 373 > [\sigma_x] = 250 \dots 300 \text{ МПа}$$

Условие $\sigma_x \leq [\sigma_x]$ не выполняется

Уменьшим толщину среза на черновых зубьях протяжки, используя выражение

$$a_z \leq \left(\frac{F_x}{\pi C_p K_\gamma D q} \cdot \frac{[\sigma_x]}{\sigma_B} \right)^{\frac{1}{0,85}} = \left(\frac{804,2 \cdot 250}{3,14 \cdot 4,3 \cdot 1 \cdot 45 \cdot 8 \cdot 800} \right)^{1,176} = 0,03068$$

Примем $a_z = 0,030 \text{ мм/зуб}$ и пересчитаем:

$$p_z = 174,6 \text{ Н/мм}$$

$$P_T = 197468 \text{ Н}$$

$$\sigma_x = 246 \text{ МПа} < [\sigma_x] - \text{условие выполняется}$$

Баланс припуска

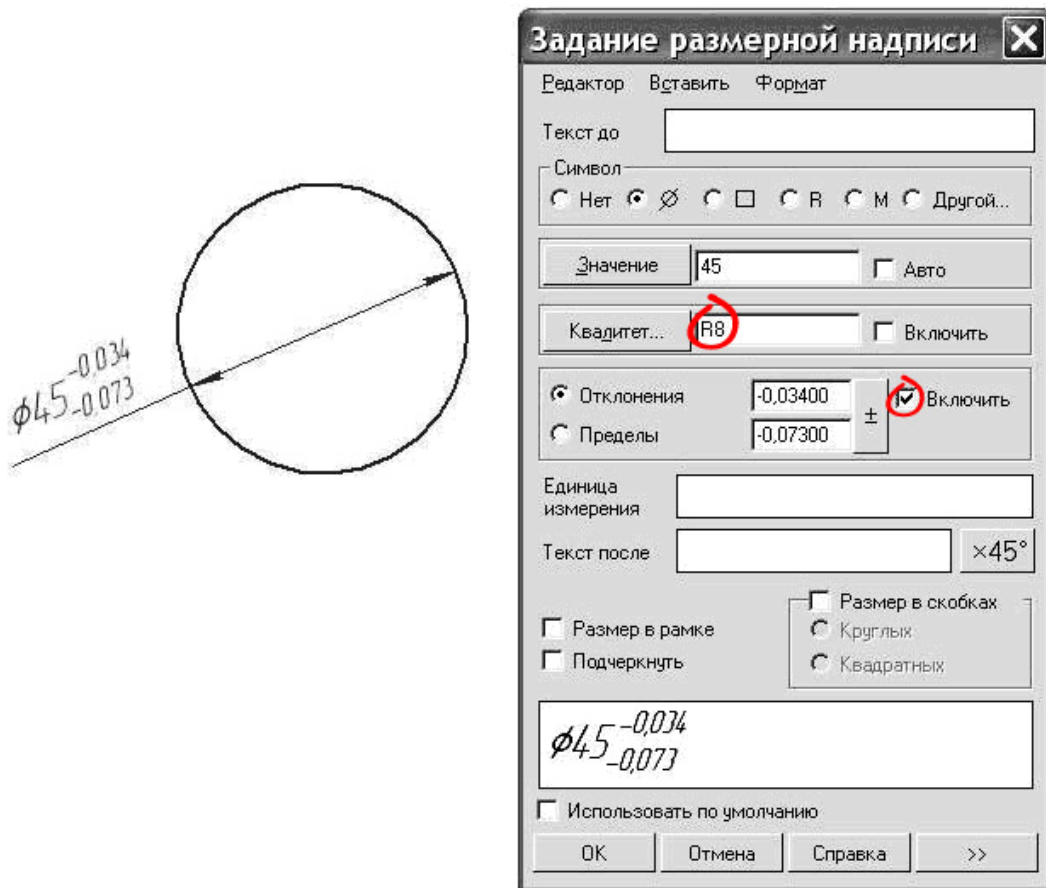


Рис. 2. Определение отклонений размеров в среде КОМПАС

Припуск под протягивание

$$A = (D_{\max} - D_{o \min}) / 2 = (44,966 - 43,000) / 2 = 0,983 \text{ мм}$$

Рассчитанное значение припуска не округлять;
сохранить ВСЕ десятичные знаки!

Число черновых режущих зубьев

$$z = \left[\frac{A}{a_z} + 1 \right] = \left[\frac{0,983}{0,03} + 1 \right] = 33$$

Припуск на чистовые зубья

$$A' = A - a_z(z - 1) = 0,983 - 0,030 \cdot 32 = 0,023 \text{ мм}$$

Число чистовых режущих зубьев

$$z' = \begin{cases} 1, & \text{если } A' \leq 0,5a_z \\ 2, & \text{если } A' > 0,5a_z \end{cases}$$

$$0,5a_z = 0,015; A' > 0,5a_z \Rightarrow z' = 2$$

Толщина среза на чистовых режущих зубьях

$$a'_z = \frac{A'}{z'} = 0,0115 \text{ мм}$$

Общее число режущих зубьев протяжки

$$z_p = z + z' = 33 + 2 = 35$$

Номинальные диаметры черновых режущих зубьев

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

i – порядковый номер черного зуба ($i = 1, 2, 3, \dots, z$)

Номинальные диаметры чистовых режущих зубьев

$$D_{ч,j} = D_z + 2a'_z j$$

D_z – диаметр последнего черного зуба; j – номер чистового зуба

Таблица 1. Диаметры режущих зубьев круглой протяжки, мм

номер зуба	D_i	номер зуба	D_i	номер зуба	D_i	номер зуба	D_i
1	43,000	11	43,600	21	44,200	31	44,800
2	43,060	12	43,660	22	44,260	32	44,860
3	43,120	13	43,720	23	44,320	33	44,920
4	43,180	14	43,780	24	44,380	34	44,943
5	43,240	15	43,840	25	44,440	35	44,966
6	43,300	16	43,900	26	44,500		
7	43,360	17	43,960	27	44,560		
8	43,420	18	44,020	28	44,620		
9	43,480	19	44,080	29	44,680		
10	43,540	20	44,140	30	44,740		

Номинальный диаметр последнего режущего зуба должен быть равен D_{\max}

Допуск на диаметр режущих зубьев

$$TD_i = \begin{cases} 0,4a_z, & \text{если } a_z \leq 0,05 \text{ мм} \\ 0,02 \text{ мм}, & \text{если } a_z > 0,05 \text{ мм} \end{cases}$$

с расположением поля допуска по h

$$a_z = 0,030 \Rightarrow TD_i = 0,4a_z = 0,012 \text{ мм}$$

Значение допуска округлить вниз до трёх десятичных знаков

Диаметр последнего режущего зуба протяжки $D_{35} = 44,966_{-0,012}$

Длина режущей части протяжки

$$l_p = t(z + z') = 490 \text{ мм}$$

Количество стружкоразделительных канавок

$$n_c = 1,85\sqrt{D} = 12,41$$

Округляя до ближайшего ЧЁТНОГО ЦЕЛОГО числа, получаем $n_c = 12$

Число калибрующих зубьев протяжки (по табл. 3 из метод. указаний) для 8-го качества точности $z_k = 6$

Номинальные диаметры всех калибрующих зубьев одинаковы:

$$D_k = D_{\max} = 44,966 \text{ мм}$$

Допуск на диаметр калибрующих зубьев

$$TD_k = \frac{1}{3}TD$$

TD – допуск на протягиваемое отверстие. Расположение поля допуска по h

$$TD = ES - EI = -0,034 - (-0,073) = 0,039 \text{ мм}$$

$$TD_k = 0,013 \text{ мм}$$

Значение допуска округлить вниз до трёх десятичных знаков

$$D_k = 44,966_{-0,013}$$

Шаг калибрующих зубьев

$$t_k \approx \frac{2}{3}t = 9,33 \text{ мм}$$

По табл. 2 из метод. указаний примем ближайших стандартный шаг $t_k = 10 \text{ мм}$

Длина калибрующей части протяжки

$$l_k = t_k z_k = 60 \text{ мм}$$

Проверка протяжки на устойчивость

Длина передней направляющей части

$$l_{\text{пн}} = (0,8 \dots 1,0)L_0 = 80 \dots 100 \text{ мм}$$

$$\text{Пусть } l_{\text{пн}} = 100 \text{ мм}$$

Диаметр передней направляющей

$$d_{\text{пн}} = D_0 e8 = 43_{-0,089}^{-0,050}$$

Длина задней направляющей части

$$l_{\text{зн}} = (0,6 \dots 0,8)L_0 = 60 \dots 80 \text{ мм}$$

$$\text{Пусть } l_{\text{зн}} = 70 \text{ мм}$$

Диаметр задней направляющей

$$d_{\text{зн}} = D f7 = 45_{-0,050}^{-0,025}$$

Расстояние до первого зуба

$$L_1 = 280 + l_{\text{пн}} = 380 \text{ мм}$$

Общая длина протяжки

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

$$L = 380 + 490 + 60 + 70 = 1000 \text{ мм}$$

Чтобы протяжка не теряла прямолинейность оси под действием собственного веса, должно выполняться условие

$$L \leq 40D$$

$$1000 < 40 \cdot 45 = 1800 \text{ – условие выполняется}$$