

7.2 Расчет оправки на прочность и жесткость, осевого размера набора фрез

Определим радиальную составляющую сил резания [4, с.292]

$$P_{z1} = 298 \text{ Н};$$

$$P_{z2} = 223 \text{ Н};$$

$$P_{z3} = P_{z2}$$

$$P_y = 0.5 \cdot P_{z1},$$

$$P_{y1} = 0.5 \cdot 298 = 149 \text{ Н};$$

$$P_{y3} = 0.5 \cdot 223 = 112 \text{ Н};$$

$$P_{y2} = P_{y3},$$

Строим расчетную схему оправки и эпюры моментов

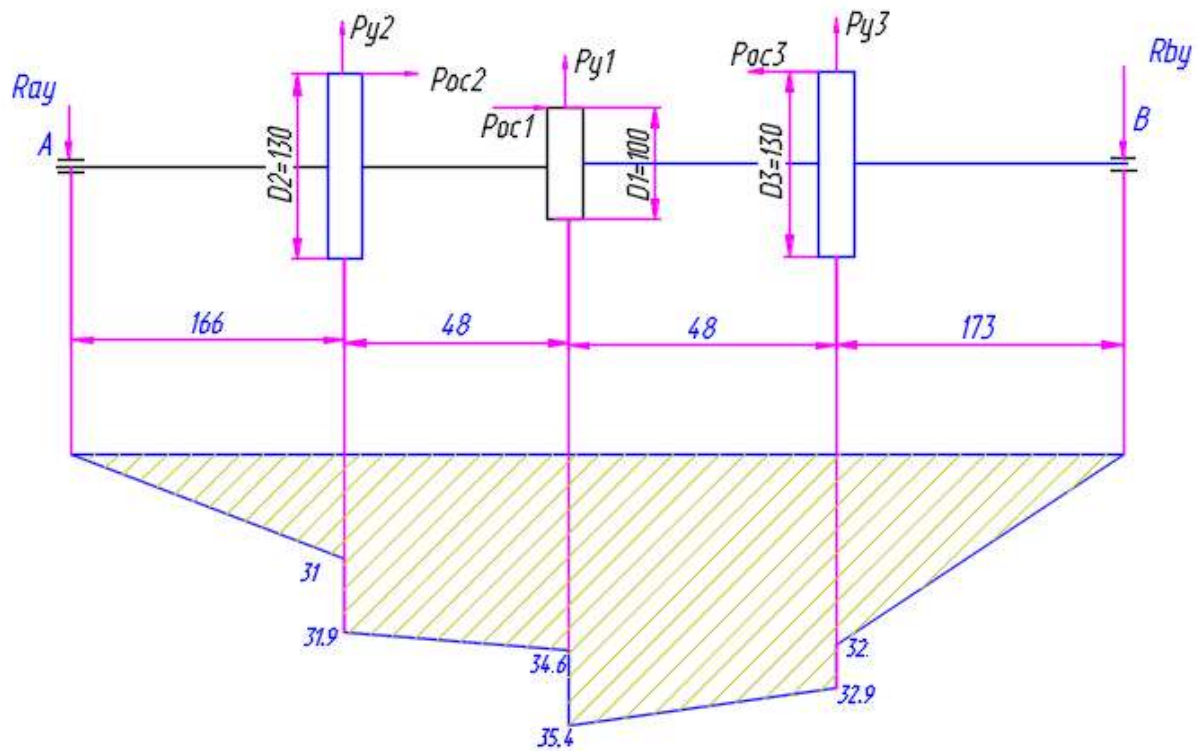


Рисунок -Схема нагружения силами P_y и P_{oc}

$$P_{oc1} = 15 \text{ Н};$$

$$P_{oc2} = 0.28 \cdot P_{z2} \cdot \operatorname{tg}(10^\circ)$$

$$P_{oc2} = 0.28 \cdot 223 \cdot \operatorname{tg}(10^\circ) = 11 \text{ Н};$$

$$P_{oc3} = P_{oc2} = 11 \text{ Н};$$

Реакции опор

$$\Sigma MA = 0 ;$$

$$-P_{y2} \cdot 166 + P_{oc2} \cdot \frac{D_2}{2} + P_{oc1} \cdot \frac{D_1}{2} - P_{oc3} \cdot \frac{D_3}{2} - P_{y1} \cdot 214 - P_{y2} \cdot 262 + R_{by} \cdot 434 = 0 ;$$

$$R_{by} = \frac{P_{y1} \cdot 214 + P_{y2} \cdot 166 + P_{y3} \cdot 262 + P_{oc1} \cdot \frac{D_1}{2}}{434} = 186 \text{ Н;}$$

$$R_{ay} = P_{y1} + P_{y2} + P_{y3} - R_{by} ,$$

$$R_{ay} = 149 + 112 + 112 - 186 = 187 \text{ Н;}$$

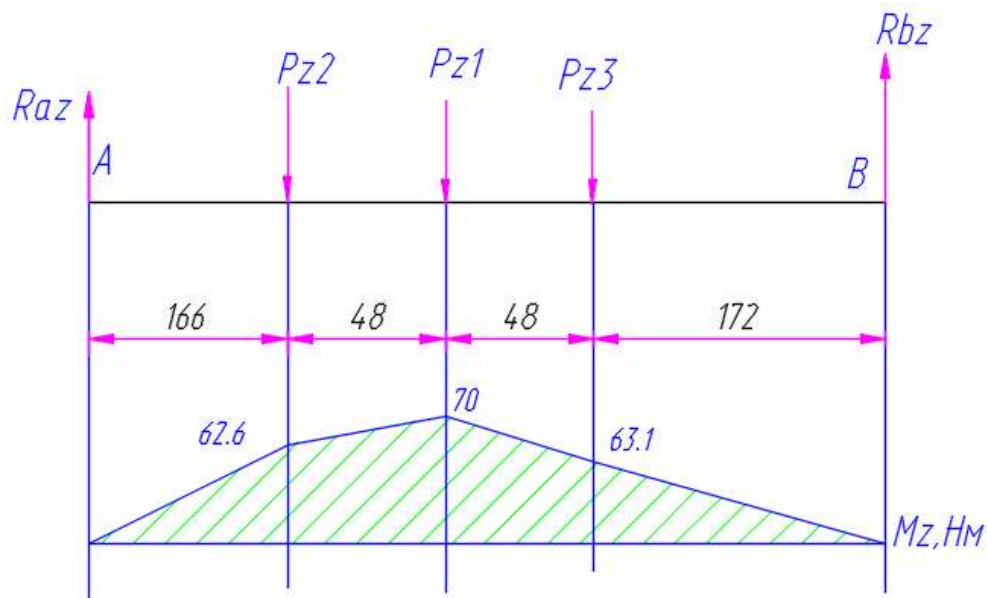


Рисунок -Схема нагружения силой Pz

Реакции опор

$$\Sigma MA = 0 ; \quad P_{z2} \cdot 166 + P_{z1} \cdot 214 + P_{z3} \cdot 262 - R_{bz} \cdot 434 = 0 ;$$

$$R_{bz} = \frac{P_{z1} \cdot 214 + P_{z2} \cdot 166 + P_{z3} \cdot 262}{434}$$

$$R_{bz} = \frac{298 \cdot 214 + 223 \cdot (166 + 262)}{434} = 367 \text{ Н;}$$

$$R_{az} = P_{z1} + P_{z2} + P_{z3} - R_{bz} ,$$

$$R_{az} = 298 + 223 + 223 - 367 = 377 \text{ Н;}$$

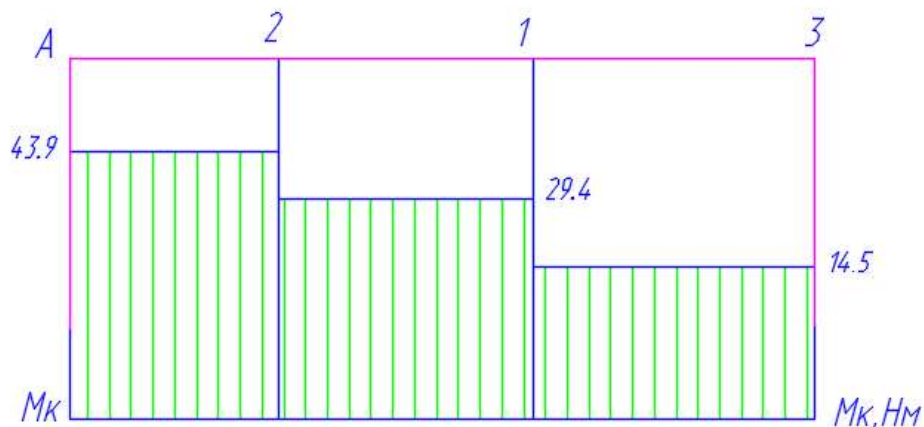


Рисунок - Эпюра крутящих моментов

Эквивалентный моменты

$$M_{\text{экв}} = \sqrt{M_k^2 + M_y^2 + M_z^2} ,$$

$$M_{\text{экв}1} = \sqrt{35.4^2 + 70^2 + 29.4^2} = 83.8 \text{ Нм} ;$$

$$M_{\text{экв}2} = \sqrt{31.9^2 + 62.6^2 + 43.9^2} = 82.8 \text{ Нм} ;$$

$$M_{\text{экв}3} = \sqrt{32.9^2 + 63.1^2 + 14.5^2} = 72.6 \text{ Нм};$$

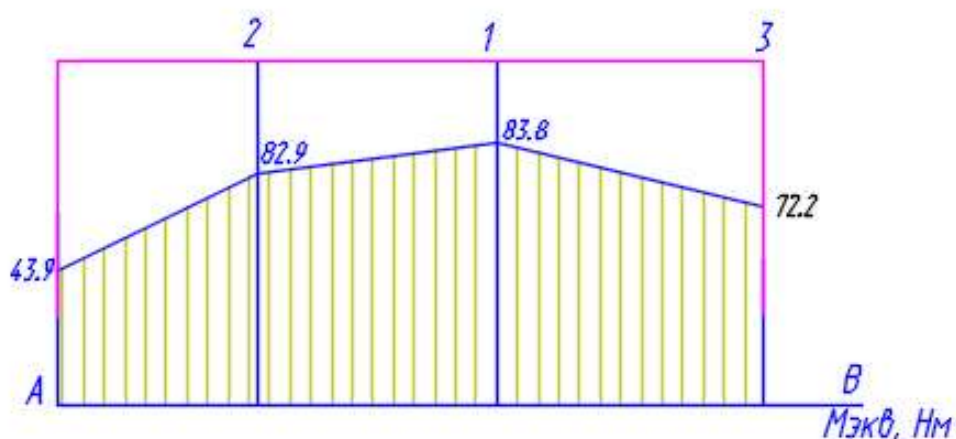


Рисунок - Эпюра эквивалентных моментов

Наиболее нагруженное сечение оправки "1"

Определяем диаметр оправки в наиболее нагруженном сечении

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{\text{экв}}}{\pi \cdot |\sigma_u|}} ,$$

где $|\sigma_u| = 275 \text{ МПа}$ - допустимое напряжение изгиба для стали 45 улучшенной;

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 83.8 \cdot 10^3}{\pi \cdot 275}} = 14.6 \text{ мм};$$

принимаем $d = 32 \text{ мм};$

Таким образом, предварительно выбранный диаметр оправки $d=32 \text{ мм}$ удовлетворяет требованиям прочности.

7.3 Расчет жесткости оправки

Определим стрелу прогиба оправки в сечении "1" [11, с.58]

$$Z = \frac{P_0 \cdot L^3}{4 \cdot E \cdot d^4} \leq (f) \text{ ,}$$

где $P_0 = P_s + \mu \cdot (P_v + P_{oc})$ -усилие в механизме подачи [11, с.57];

$\mu = 0.2$ -коэф. трения в направляющих салазках станка;

$$P_s = (1 \dots 1.2) \cdot P_{zl} \text{ ,} \quad [11, \text{с.54}]$$

$$P_s = 1 \cdot 298 = 298 \text{ Н};$$

$$P_v = 0.25 \cdot P_s \text{ ,}$$

$$P_v = 0.25 \cdot 298 = 74.5 \text{ Н};$$

$$P_{oc} = 0.28 \cdot P_z \cdot \text{tg}(\omega) \quad [11, \text{с.54}]$$

где $\omega = 10^\circ$ -угол режущей кромки зубьев к оси;

$$P_{oc} = 0.28 \cdot 298 \cdot \text{tg}(10^\circ) = 15 \text{ Н};$$

где $L = 434 \text{ мм}$ -длина оправки между опорами;

$$E = 2 \cdot 10^5 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} \text{ -модуль упругости материала оправки;}$$

$d = 32 \text{ мм}$ -диаметр оправки;

$$|Z| = 0.2 \text{ мм} \text{ -допускаемая стрела прогиба;}$$

принимаем исходя из допуска на получаемый размер

$$P_0 = 298 + 0.2 \cdot (74.5 + 15) = 316 \text{ Н};$$

Стрела прогиба оправки

$$Z = \frac{316 \cdot 434^3}{4 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 32^4} = 0.03 \text{ мм};$$

$$Z \leq |Z|$$

Условие жесткости выполнено.

7.4 Расчет осевого набора фрез

Для обеспечения точности размеров и формы обрабатываемых поверхностей необходимо произвести точный подсчет размеров набора, т.е. расстояний между фрезами на оправке.

Размерами, определяющими установку фрез на оправке, являются по сути дела расстояния между фрезами, по которым производится подбор установочных колец.

Определим расстояние между фрезами z_2 и z_3

На этот размер окажут влияние биение торцовых поверхностей зубьев " $\Delta\delta$ ", погрешность обработки " $\Delta\varphi$ ", величина износа фрез " Δ_v " и погрешность установки фрез " $\Delta_{уст}$ " [11, с.64]

$$\delta_{2.3} = 2 \cdot \Delta_{\varphi} + 2 \cdot \Delta_{\delta} + \Delta_{уст} + 2 \cdot \Delta_v ,$$

где $\delta_{2.3} = 0.3$ мм -допуск на размер "В";

$$\Delta_{\varphi} = 0.03 \text{ мм}; \quad [11, \text{с.62}]$$

$$\Delta_{\delta} = 0.05 \text{ мм};$$

$$\Delta_{уст} = 0.05 \text{ мм};$$

Запас на износ торцовых зубьев фрез z_2 и z_3 составляет величину [11, с.64]

$$\Delta_v = 0.5 \cdot (\delta_{1.2} - \Delta_{уст}) - (\Delta_{\varphi} + \Delta_{\delta}) ,$$

$$\Delta_v = 0.5 \cdot (0.3 - 0.05) - (0.03 + 0.05) = 0.045 \text{ мм};$$

Установочный (наладочный) размер "В"

$$B_{нб} = B_{нм} + \delta_{1.2} - 2 \cdot (\Delta_{\varphi} + \Delta_{\delta} + \Delta_v) ,$$

$$B_{нм} = B_{нм} + \delta_{1.2} - 2 \cdot (\Delta_{\varphi} + \Delta_{\delta} + \Delta_v) - \Delta_{уст}$$

$$B_{нб} = 71.7 + 0.3 - 2 \cdot (0.03 + 0.05 + 0.045) = 71.75 \text{ мм};$$

$$B_{нм} = 71.7 + 0.3 - 2 \cdot (0.03 + 0.05 + 0.045) - 0.05 = 71.7 \text{ мм};$$

Размеры установочных колец выбираем согласно ГОСТ 15071