

$$3. \sigma_{zt} = \frac{E \alpha \Delta T}{2(1-\mu) \ln \frac{r_2}{r_1}} \left(1 - 2 \ln \frac{r_2}{r} - \frac{2r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} \ln \frac{r_2}{r_1} \right)$$

где $E = 200 \cdot 10^9 \text{ Па}$ - модуль упругости для стали,

$\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \left(\frac{1}{^\circ\text{C}} \right)$ - коэф. линейного расширения металла для стали,

$\mu = 0,3$ (коэф. Пуассона)

$$\Delta T = |T_2 - T_1| = |120 - 180| = 60$$

Решает с помощью Python:

$$\sigma_{rt}(r_1) = -116,807231 \cdot 10^8 \text{ Па} \quad \text{радиальное температурное напр-е}$$

$$\sigma_{rt}(r_2) = -0,0$$

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{\theta t}(r_1) &= 116,807231 \text{ МПа} \\ \sigma_{\theta t}(r_2) &= -97,478482 \text{ МПа} \end{aligned} \right\} \text{ окружное температурное напр-е}$$

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{zt}(r_1) &= 116,807231 \text{ МПа} \\ \sigma_{zt}(r_2) &= -97,478482 \text{ МПа} \end{aligned} \right\} \text{ осевое температурное напр-е}$$

значения на миллиметровые.

4) Найти суммарных напряжений

$$1) \sigma_r = \sigma_{rp} + \sigma_{rt}$$

$$\sigma_r(r_1) = -11 \text{ МПа} ; \sigma_r(r_2) = -3 \text{ МПа}$$

$$2) \sigma_{\theta} = \sigma_{\theta p} + \sigma_{\theta t}$$

$$\sigma_{\theta}(r_1) = 143,947772 \text{ МПа} \quad \sigma_{\theta}(r_2) = -78,337941 \text{ МПа}$$

$$3) \sigma_z = \sigma_{zp} + \sigma_{zt}$$

$$\sigma_z(r_1) = 124,877502 \text{ МПа} \quad \sigma_z(r_2) = -89,408212 \text{ МПа}$$

значения на миллиметровые

5) Нахождение эквивалентного напряжения по критерию Мизеса:

$$\sigma_{\text{экв}} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1 \sigma_2 - \sigma_2 \sigma_3 - \sigma_1 \sigma_3}$$

$$\sigma_1 = \sigma_{\theta} ; \sigma_2 = \sigma_z ; \sigma_3 = \sigma_r \quad \sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$$

$$\sigma_{\text{экв}}(r_1) = 1,46348 \cdot 10^8 \text{ Па} > \sigma_{\text{доп}}.$$

6) Проверка прочности, Селлемека:

$$\sigma_1 - \sigma_3 = 143,947772 \text{ МПа} - 11 \text{ МПа} \approx 155 \text{ МПа} \leq 200 \text{ МПа}$$

условие сел-Веняна выполнено

по критерию Мизеса усталостная прочность $\sigma_{\text{экв}} \leq \frac{\sigma_T}{n}$, $[\sigma_T] = 294 \text{ МПа}$

$$n - \text{коэф-т запаса прочности} \quad n = \frac{\sigma_T}{\sigma_{\text{экв}}} = \frac{294 \cdot 10^6}{1,46348 \cdot 10^8} \approx 2,55191$$

$1 < n < 2,5 \Rightarrow$ факт конструирования переусложнен
и ее нужно оптимизировать, либо уменьшить толщину
или увеличить внутр. радиус