

**Пример расчета ресурса стенки резервуара до образования макротрещины  
(компьютерный расчет)**

Диаметр:	$D := 22.8$	м
Высота:	$H := 12.0$	м
Высота наполнения:	$H_{max} := 10.4$	м
Расчетная плотность нефтепродукта:	$\rho := 1000$	$\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
Материал - Ст3, для которой:		
относительное сужение	$\psi := 0.31$	см
предел выносливости:	$\sigma_{-1} := 100$	МПа
предел текучести:	$\sigma_T := 230$	МПа
остаточная толщина стенки	$\delta := 0.008$	м
Модуль упругости прокатной стали:	$E := 2 \cdot 10^5$	МПа
Ускорение свободного падения:	$g := 9.8$	$\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
Радиус срединной поверхности пояса стенки резервуара:	$r := \frac{D}{2}$	$r = 11.4$ м
Расстояние от дна до расчетного уровня:	$X := 0$	м

Определим напряжение в стенке резервуара при максимальной нагрузке:

$$\sigma_H := \frac{\rho \cdot g \cdot (H_{max} - X) \cdot r}{\delta} \quad \sigma_H = 145236000 \text{ Па}$$

$\sigma_H$  выраженное в МПа  $\sigma_H \cdot 10^{-6} = 145.2$  МПа  $\sigma_H := 145.2$  МПа

Определим коэффициент концентрации напряжений в упругопластической зоне:

$$K_\sigma := \frac{\sigma_T}{\sigma_H} \quad K_\sigma = 1.584$$

Находим амплитуду напряжений в расчетной точке:

$$\sigma_a := 0.5 \cdot K_\sigma \cdot \sigma_H \quad \sigma_a = 115 \text{ МПа}$$

Проверяем условие (формула 3.3), если  $2 \cdot \sigma_a \leq \sigma_T$  то  $\sigma_a^0 = \sigma_a$   $\sigma_{a0} := 115$  МПа

Расчет проводится в программе Mathcad, в которой не распознается верхний индекс величины, поэтому величина  $\sigma_a^0$  обозначена как  $\sigma_{a0}$ .

Вычисляем число циклов работы резервуара до образования макротрещины (формула 3.2), для расчета используем следующие величины:

Коэффициент запаса по напряжениям:  $n_\sigma := 2$

Коэффициент запаса по долговечности:  $n_N := 10$

Вычисляем число циклов работы резервуара до образования макротрещины (формула 3.2), для расчета используем следующие величины:

Коэффициент запаса по напряжениям:  $n_{\sigma} := 2$

Коэффициент запаса по долговечности:  $n_N := 10$

Коэффициент, учитывающий снижение характеристик в результате сварки (для ручной дуговой сварки):  $\varphi_c := 0.8$

По первой формуле (3.2)

$$N_0 := \frac{1}{4} \cdot \left[ \frac{1.28E \cdot \ln\left(\frac{1}{1-\psi}\right)}{\left(1.28n_{\sigma} \cdot \sigma_{ao} \frac{1}{\varphi_c}\right) - \sigma_{-1}} - 1 \right]^2 \quad \underline{N_0} := \frac{1}{4} \cdot \left( \frac{1.28 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot \ln\left(\frac{1}{1-0.31}\right)}{1.28 \cdot 2 \cdot \frac{115}{0.8} - 100} - 1 \right)^2 \quad N_0 = 31232$$

По второй формуле (3.2)

$$\underline{N_0} := \frac{1}{4 \cdot n_N} \cdot \left( \frac{1.28 \cdot E \cdot \ln\left(\frac{1}{1-\psi}\right)}{1.28 \cdot \sigma_{ao} \frac{1}{\varphi_c} - \sigma_{-1}} - 1 \right)^2 \quad \underline{N_0} := \frac{1}{4 \cdot 10} \cdot \left( \frac{1.28 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot \ln\left(\frac{1}{1-0.31}\right)}{1.28 \cdot \frac{115}{0.8} - 100} - 1 \right)^2 \quad N_0 = 31915$$

Принимаем наименьшее из полученных значений.  $\underline{N_0} := 31232$  цикла

Остаточный ресурс стенки резервуара с учетом коррозии находим по формуле 3.9.

$$N_{ост} := N_0 \cdot (1 - \beta_{кс})$$

Вычислим коэффициент влияния среды:  $\beta_{кс} := \lambda \cdot \log(N_0)$  где

$\lambda := 0.1$  для сценария без применения мер по снижению коррозионного воздействия

$$\beta_{кс} := \lambda \cdot \log(N_0) \quad \beta_{кс} = 0.449$$

$$N_{ост} := N_0 \cdot (1 - \beta_{кс}) \quad N_{ост} = 17194 \quad \text{цикла}$$

При частоте циклов заполнения  $m=300$  раз в год остаточный ресурс составит

$$\underline{m} := 300 \quad T := \frac{N_{ост}}{m} \quad T = 57.3 \quad \text{лет}$$

По условию задачи на квалификационном экзамене частота заполнения составила  $m=30$  раз в год, следовательно остаточный ресурс составит

$$\underline{m} := 30 \quad \underline{T} := \frac{N_{ост}}{m} \quad T = 573.1 \quad \text{года}$$