



Определение толщины стенки трубы



Задача:

Определить толщину стенки трубы для участка газопровода
Оренбург – Уфа.

Исходные данные:

$D_n = 1020$ мм; $p = 7,4$ МПа, $t_{\text{э}} = 19$ °С; тип прокладки – подземная.



Решение:

1. Согласно таблице 1 участок газопровода относится к категории IV

Категории магистральных трубопроводов

Назначение трубопровода	Категория трубопровода при прокладке	
	подземной	наземной и надземной
Для транспортирования природного газа:		
диаметром менее 1200 мм	IV	III
диаметром 1200 мм и более	III	III
в северной строительной-климатической зоне	III	III
Для транспортирования нефти и нефтепродуктов:		
диаметром менее 700 мм	IV	III
диаметром 700 мм и более	III	III
в северной строительной-климатической зоне	III	III

По таблице 2 для категории IV $m=0,90$.

Требования, предъявляемые к участкам различных категорий магистральных трубопроводов

Категория трубопровода и его участка	Коэффициент условий работы трубопровода при расчете его на прочность, устойчивость и деформативность, m	Количество монтажных сварных соединений, подлежащих контролю физическими методами, % общего количества	Величина давления при испытании и продолжительность испытания трубопровода
V	0,60	Принимается по СНиП III-42-80*	
I	0,75		
II	0,75		
III	0,90		
IV	0,90		



- По сортаменту на трубы для газопровода выбираем трубы, выпускаемые Выксунским металлургическим заводом из стали марки 10Г2ФБЮ с $\sigma_B = R^H_1 = 589$ Мпа и $\sigma_m = R^H_2 = 461$ Мпа, $k_1 = 1,34$, $k_H = 1$ (σ – сжимающие напряжения, k – коэффициент надежности по материалу).

2. Расчетное сопротивление металла труб по формуле:

$$R_1 = \frac{589 \cdot 0,9}{1,34 \cdot 1} = \frac{530,1}{1,34} = 395,6 \text{ МПа,}$$

- 3. Толщина стенки газопровода согласно формуле:

$$\delta = \frac{n_p p \cdot D_H}{2(R_1 + n_p p)} = \frac{1,1 \cdot 7,4 \cdot 1,02}{2(395,6 + 1,1 \cdot 7,4)} = 0,01028 \text{ м}$$

Где n_p - коэффициент надежности по нагрузке;

p – величина рабочего давления;

D_H - диаметр трубопровода наружный;

R_1 - расчетное сопротивление трубной стали растяжению.



- 4. Полученное расчетное значение толщины стенки округляем до ближайшего, большего по сортаменту, равного $\delta_H = 0,0103$ м, $D_{BH} = 1020 - 2 \cdot 10,3 = 999,4$ мм. По СНиП 2.01.07-85* находим для района прокладки трубопровода $t_I = -15^\circ\text{C}$; $t_{III} = +20^\circ\text{C}$; $\Delta_I = 20^\circ\text{C}$; $\Delta_{VII} = 6^\circ\text{C}$.

Нормативные значения температуры наружного воздуха в холодное и теплое время года: $t_H^x = -15 + (20) = -35^\circ\text{C}$, $t_H^m = +20 + 6 = 26^\circ\text{C}$, а расчетные значения $t^x = -35 + (-6) = -41^\circ\text{C}$; $t^m = +26 + 3 = +29^\circ\text{C}$.

- Температурный перепад при замыкании трубопровода в холодное время года $t^x = +19 - (-41) = +60^\circ\text{C}$, а при замыкании в теплое время года $\Delta t^m = +19 - (+29) = -10^\circ\text{C}$.

В качестве расчетное температурного перепада принимаем наибольшее значение $\Delta t = +60^\circ\text{C}$.

5. Продольные напряжения согласно формуле:

$$\sigma_{\text{прN}} = \sigma_{\text{прt}} + \sigma_{\text{прр}} = -\alpha_t E \Delta t + 0,3 \frac{n_{\text{пр}} p D_{\text{вн}}}{2\delta_{\text{н}}}$$

- 6. Знак «минус» указывает на наличие осевых сжимающих напряжений, поэтому необходимо определить согласно нижеприведенной формуле коэффициент ψ_1 для учета двухосного напряженного состояния металла труб:

$$\begin{aligned}\psi_1 &= \sqrt{1 - 0,75\left(\frac{|\sigma_{\text{пр}N}|}{R_1}\right)^2} - 0,5 \frac{|\sigma_{\text{пр}N}|}{R_1} = \sqrt{1 - 0,75\left(\frac{|-32,7|}{395,6}\right)^2} - 0,5 \frac{|-32,7|}{395,6} \\ &= 0,956\end{aligned}$$

- 7. Согласно формуле пересчитываем значение толщины стенки газопровода:

$$\delta = \frac{n_{pp} \cdot D_H}{2(\psi_1 R_1 + n_{pp})} = \frac{1,1 \cdot 7,4 \cdot 1,02}{2(0,956 \cdot 395,6 + 1,1 \cdot 7,4)} = 0,0107 \text{ м}$$

8. Больше ближайшее значение толщины стенки по сортаменту равно 10,8 мм. Если мы примем эту толщину стенки трубы, то значение продольных осевых напряжений:

$$\sigma_{прN} = -1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 2,06 \cdot 10^5 \cdot 60 + 0,3 \frac{1,1 \cdot 7,4 \cdot 0,9984}{2 \cdot 0,0108} = -38,2 \text{ МПа}$$

Тогда,

$$\psi_1 = \sqrt{1 - 0,75 \left(\frac{|-38,2|}{395,6} \right)^2} - 0,5 \frac{|-38,2|}{395,6} = 0,947,$$

$$\delta = \frac{1,1 \cdot 7,4 \cdot 1,02}{2(0,947 \cdot 395,6 + 1,1 \cdot 7,4)} = 0,0108 \text{ м} = 10,8 \text{ мм}$$

Принятая толщина стенки удовлетворяет условию:

$$\frac{D_H}{140} = \frac{1,02}{140} + 0,0073 < 0,0108,$$

$$0,004 < 0,0108$$

Очевидно, что $\delta_H = 10,8$ мм можно принять за окончательный результат