

Расчет трубопровода

Задача: необходимо спроектировать трубопровод, транспортирующий жидкий аммиак при температуре минус 25 С и давлением 2,0 МПа, расход продукта 7 кг/с.

Решение:

1. Определение степени ответственности трубопровода (назначение категорийности)

Классификация технологических трубопроводов											
Группа	Среда	Категории									
		I		II		III		IV		V	
		Рабочее давление, кгс/см ²	Температура, °С	Рабочее давление, кгс/см ²	Температура, °С	Рабочее давление, кгс/см ²	Температура, °С	Рабочее давление, кгс/см ²	Температура, °С	Рабочее давление, кгс/см ²	Температура, °С
А	Продукты с токсическими свойствами: сильнодействующие ядовитые вещества (СДЯВ) и дымящиеся кислоты прочие продукты с токсическими свойствами	Независимо	От -70 до +700	—	—	—	—	—	—	—	—
		Свыше 16	От -70 до +700	до 16	От -70 до +350	—	—	—	—	—	—
Б	Горючие и активные газы, легковоспламеняющиеся и горючие жидкости	Независимо	350—700	25—64	250—350 От -70 до 0	16—25	120—250 От -70 до 0	до 16	От -70 до +120	—	—
В	Перегретый водяной пар	То же	450—660	до 39	350—450	до 22	250—350	до 16	120—250	—	—
Г	Горячая вода и насыщенный водяной пар	Свыше 184	Свыше 120	80—184	Свыше 120	16—80	Свыше 120	2—16	Свыше 120	—	—
Д	Негорючие жидкости и пары, инертные газы	Независимо	450—700	64—100	350—450 от -70 до 0	25—64	250—350 от -70 до 0	до 25	120—250 от -70 до 0	до 16	0—120

В данном случае трубопровод относится к I – категории (самый опасный) для которой характерны аммиак и углеводороды при любом давлении.

2. Определение диаметра трубопровода

$$d_{\text{тр}} = \sqrt{\frac{4V}{\pi w}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0104}{3,14 \cdot 1}} = 0,115 \text{ м}$$

Где:

W – скорость транспортировки аммиака

W=1 м/с

V – объемный расход аммиака

$$V = \frac{G}{\rho} = \frac{7}{671,3} = 0,0104$$

Где : ρ плотность при -25 С $\rho=671,3$ кг/м³

На практике для расчета оптимального диаметра трубопровода используют значения оптимальных скоростей перекачиваемой среды, взятые из справочных материалов, составленных на основе опытных данных:

Перекачиваемая среда		Диапазон оптимальных скоростей в трубопроводе, м/с
Жидкости	Движение самотеком:	
	Вязкие жидкости	0,1 – 0,5
	Маловязкие жидкости	0,5 – 1
	Перекачивание насосом:	
	Всасывающая сторона	0,8 – 2
	Нагнетательная сторона	1,5 – 3
Газы	Естественная тяга	2 – 4
	Малое давление	4 – 15
	Большое давление	15 – 25
Пары	Перегретый пар	30 – 50
	Насыщенный пар под давлением:	
	Более 105 Па	15 – 25
	(1 – 0,5) · 105 Па	20 – 40
	(0,5 – 0,2) · 105 Па	40 – 60
	(0,2 – 0,05) · 105 Па	60 – 75

3. Материал трубопровода

Все трубопроводы для аммиака, независимо от давления и температуры, относятся к категории I. При диаметре условного прохода до 40 мм применяют бесшовные холоднотянутые трубы, при больших диаметрах — бесшовные горячекатаные. При температуре

эксплуатации выше $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ используют трубы, изготовленные из стали 20, Диаметры трубопроводов выбираются в соответствии с ГОСТ.

Из полиэтилена изготавливают трубопроводы для холодной и нагретой до $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ воды. Такие трубы очень легко прокладывать, так как они могут разматываться с катушки материал труб отличается коррозионной стойкостью и малой теплопроводностью.

Материал трубопровода выбирается исходя из условия отсутствия химического взаимодействия материала трубы и перекачиваемой среды, необходимо так же помнить, что даже в осушенных средах возможно присутствие воды, наличие которой может запустить химическую реакцию.

Сероводородсодержащий газ транспортировать по некоррозионно-стойким трубам даже в осушенном виде не рекомендуется. Связано это с тем, что даже небольшие отклонения в технологическом режиме, приводят к попаданию в трубопровод незначительного количества влаги, и вызывают в короткий срок сероводородное растрескивание материала труб. Наиболее подвержены этому явлению сварные швы, а точнее зоны сплавления сварных швов, где располагаются максимальные остаточные растягивающие сварочные напряжения и наиболее неблагоприятная структура металла. Соответственно, из двух типов труб бесшовных горячекатаных и сварных большей коррозионной стойкостью обладает первый тип. Бесшовные горячекатаные трубы по своей специфике изготовления обладают меньшей дефектностью по неметаллическим включениям, что оказывает очень благоприятное влияние на их стойкость к водородному растрескиванию.

В качестве материала для трубопровода указанного в задаче выберем бесшовную трубу из Стали 10Г2 диаметром 121 x 3,5 мм

4. Расчет теплоизоляции

При расчете теплоизоляции должно выполняться два условия:

Первое условие

$$t_1 > t_{\text{рос}}$$

Где

t_1 – температура поверхности теплоизоляционного слоя

$t_{\text{рос}}$ – температура точки россы

Второе условие

$$q_{\text{из}} \ll q_0$$

Где

$q_{\text{из}}$ – тепловой поток трубы с теплоизоляцией

q_0 – тепловой поток трубы без теплоизоляции

расчет теплоизоляции с точки зрения не выпадения россы:

$$0,95 \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{рос}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{ж}}} = \frac{1}{1 + \frac{D_{\text{из}}}{D_{\text{кр}}} \ln \frac{D_{\text{из}}}{D_{\text{гл}}}}$$

Указанный в задаче трубопровод находится в помещении, поэтому принимаем температуру в помещении $t_{\text{в}}=22$ С и относительную влажность воздуха $\phi=60\%$.

Температура транспортируемой жидкости $t_{\text{ж}}= -25$ С (по условию задачи)

$t_{\text{рос}} = 14$ С – определяется во диаграмме влажного воздуха исходя из параметров воздуха внутри помещения.

$$D_{\text{кр}} = \frac{2\lambda_{\text{из}}}{\alpha_{\text{в}}} = \frac{2 \cdot 0,035}{9,4} = 7,54 \text{ мм}$$

Где

$\lambda_{\text{из}}$ – теплопроводность теплоизоляции (0,035 для пенополиуретана)

$\alpha_{\text{в}}$ – коэффициент теплоотдачи от воздуха (9,4 для неподвижного воздуха)

$$0,95 \frac{22 - 14}{22 + 25} = \frac{1}{1 + \frac{D_{\text{из}}}{7,45} \ln \frac{D_{\text{из}}}{121}}$$

Отсюда $D_{\text{из}}=156$

Принимаем диаметр изоляции 160 мм

Расчет теплоизоляции с точки зрения теплового потока

$$1 + \frac{D_{\text{из}}}{D_{\text{кр}}} \ln \frac{D_{\text{из}}}{D_{\text{гл}}} \gg \frac{D_{\text{из}}}{D_{\text{гл}}}$$

Отсюда $7 \gg 1,32$ условие соблюдается:

Диаметр теплоизоляции 160 мм, материал пенополиуритан.

Задачи для самостоятельной работы:

Задача 1.

Необходимо спроектировать трубопровод, транспортирующий воду при температуре +2 С и давлением 2,0 МПа, расход продукта 4 кг/с.

Задача 2.

Необходимо спроектировать трубопровод, транспортирующий аммиак при температуре - 15 С и давлением 2,0 МПа, расход продукта 8 кг/с.