

РАСЧЕТ ДИАМЕТРА ФАКЕЛЬНОГО СТВОЛА

Заграничный А.Н.

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

На рисунке 1 приведена расчетная схема факельной установки с оголовком прямооточного типа. Факельная установка содержит ствол факела 1, факельный оголовок 2 и входной штуцер 3. Зачастую для расчетов принимают часто используемое отношение [1]

$$\frac{H}{D_0} = 100,$$

где H - высота факельного ствола, м;

D_0 - диаметр факельного ствола, м.

При этом коэффициент местного сопротивления при повороте потока после входного штуцера 3 принимают $\xi_{i\dot{a}} = 1$ [1].

При сжигании предельных легких углеводородов: метана, этана, пропана хорошо зарекомендовали себя оголовки прямооточного типа.

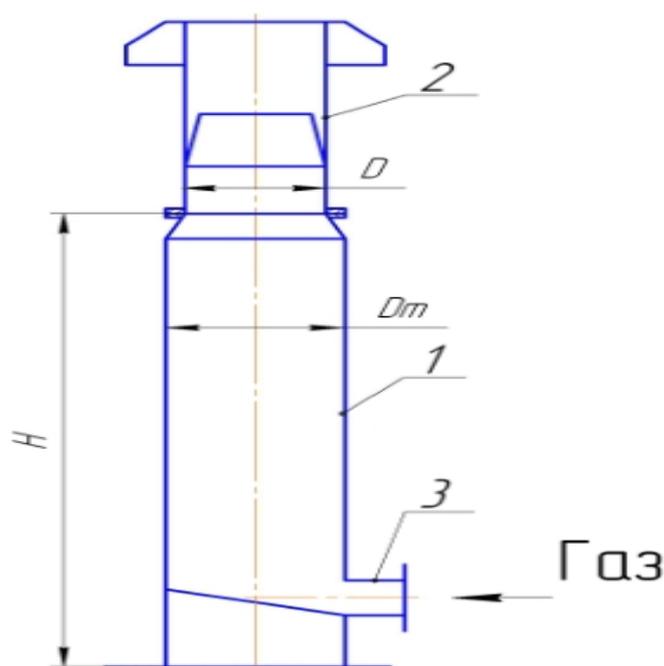


Рисунок 1 - Факельная установка с оголовком прямооточного типа

При сжигании тяжелых углеводородов, а особенно непредельных, без применения специальных средств подавления дыма (подача водяного пара, дополнительного воздуха) образуется гораздо меньше дыма при применении специальных струйных факельных оголовков. Данные оголовки отличаются от прямооточных тем, что сбросной газ выходит в атмосферу не через

цилиндрический срез факельного оголовка, а через ряд сопел, при этом обеспечивается хорошее смешение с воздухом и, как следствие, хорошее, а зачастую и бездымное сгорание.

Исходными данными для расчета диаметра факельной установки являются: состав газа, его плотность ρ и избыточное давление Δ

$$\Delta = -B,$$

где B - атмосферное давление, Па;

В том случае, когда изменение давления факельной установки

$$\Delta P_{\text{до}} > 1 \cdot 10^5 \text{ Па},$$

газ истекает из факельного оголовка при сверхзвуковом перепаде давления, что сопровождается сильным шумом и является недопустимым, особенно если факельная установка расположена вблизи жилых поселений. Поэтому при расчете факельной установки необходимо принимать

$$\Delta P_{\text{до}} \leq 0,5 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

Такое избыточное давление можно обеспечить правильным выбором диаметра факельной установки.

В том случае, когда избыточное давление на факельной установке не превышает $0,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$, плотность газа меняется незначительно. Поэтому для газа можно применять модель несжимаемой жидкости, используя простые уравнения:

$$w \cdot F = \text{const},$$

где w – скорость газа, м/с;

F – площадь поперечного сечения, м².

Причем

$$w \cdot d^2 = \text{const},$$

где d – диаметр проходного сечения.

Число Рейнольдса:

$$\text{Re} = \frac{w \cdot d}{\nu},$$

где ν – кинематический коэффициент вязкости, стокс.

Коэффициент путевых потерь в стволе определяется по формуле Альтшуля [2]:

$$\xi_{i\acute{o}\acute{o}} = \left(\frac{h_{\theta}}{D_{\acute{o}}} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25},$$

где h_{θ} - высота шероховатостей на внутренней поверхности трубы, не более $0,5 \cdot 10^{-3}$ м.

Путевые потери в стволе определяются по формуле Вейсбаха-Дарси [2]:

$$\Delta D_{i\acute{o}\acute{o}} = \xi_{i\acute{i}\acute{a}} \cdot \frac{H}{D_m} \cdot \frac{\rho \cdot w_m^2}{2}.$$

Местные потери давления в стволе на повороте 90° после входного штуцера:

$$\Delta D_{i\acute{i}\acute{a}} = \xi_{i\acute{i}\acute{a}} \cdot \frac{\rho \cdot w_{\acute{a}\acute{o}}^2}{2}.$$

Местные потери давления в прямоточном газовом затворе:

$$\Delta D_{\acute{c}\acute{a}\acute{o}\acute{a}} = \xi_{\acute{c}\acute{a}\acute{o}\acute{a}} \cdot \frac{\rho \cdot w_{\acute{c}\acute{a}\acute{o}\acute{a}}^2}{2}.$$

Потеря давления со струей при истечении газа из оголовка:

$$\Delta D_{\acute{n}} = \frac{\rho \cdot w_c^2}{2}.$$

Потеря давления на факельной установке является суммой потерь:

$$\Delta P_{\acute{o}\acute{o}} = \Delta D_{i\acute{o}\acute{o}} + \Delta D_{i\acute{i}\acute{a}} + \Delta D_{\acute{c}\acute{a}\acute{o}\acute{a}} + \Delta D_{\acute{n}}.$$

Если в формуле (6) выразить скорость $w_{\acute{n}}$ через объемный расход газа Q , то получим

$$\Delta D_{\acute{n}} = \frac{8}{\pi^2} \cdot \frac{Q^2}{\mu_c^2 \cdot d_{\acute{n},\acute{y}\acute{e}\acute{a}}^4},$$

где $\mu_{\acute{n}}$ - коэффициент расхода сопел оголовка;

$d_{\acute{c},\acute{y}\acute{e}\acute{a}}$ - диаметр эквивалентного сопла (площадь поперечного сечения которого равна сумме всех площадей поперечных сечений отдельных сопел);

$d_{c.ýêâ} = d$ (в случае прямоточного факельного оголовка);

$$d_{c.ýêâ} = d_c \cdot \sqrt{n},$$

где n – число сопел (в случае струйного факельного оголовка).

Из формул (1) – (8) можно получить следующую формулу для определения эквивалентного диаметра факельной установки:

$$d_{c.ýêâ} = \sqrt{\frac{Q}{\mu_c}} \cdot \sqrt[4]{\frac{8\rho}{\pi^2 \Delta P_{\acute{o}\acute{o}}}} \cdot \sqrt[4]{\xi_{i\acute{o}\acute{o}} \frac{H}{D_{\acute{o}}} \left(\frac{d_{c.ýêâ}}{D_{\acute{o}}}\right)^4 + \xi_{i\acute{i}\acute{a}} \left(\frac{d_{c.ýêâ}}{D_{\acute{a}\acute{o}}}\right)^4 + \xi_{\acute{c}\acute{a}\acute{o}\acute{a}} \left(\frac{d_{c.ýêâ}}{D_{\acute{c}\acute{a}\acute{o}\acute{a}}}\right)^4 + 1}$$

Расчет производят методом последовательных приближений с применением ЭВМ.

При расчете и проектировании следует учитывать, что диаметр факельного ствола не может быть меньше диаметра факельного коллектора, с которым соединен факельный ствол.

Таким образом, предложенный расчет позволит определять эквивалентный диаметр факельного ствола с оголовком прямоточного типа

Список литературы

1. Стрижевский, И.И. Факельные установки / И. И. Стрижевский, А. И. Эльнатанов. -М.: Химия, 1979. - 184 с.
2. Вулис Л. А. Основы теории газового факела / Л.А. Вулис, Ш.А. Ершин, Л.П. Ярин.- Л.: Энергия, 1968. - 204 с.
3. Гаврилов, А. А. Расчет прочности тонкостенных стержней при изгибных колебаниях с помощью фиктивных нагрузок / А. А. Гаврилов, Н. А. Морозов, Ю. Л. Власов // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2014. – №1. – С.167-170.
4. Гаврилов, А. А. Методика расчета собственных частот кран-балок/ А. А. Гаврилов, Н. А. Морозов, Ю. Л. Власов // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2015. – №1. – С.212-217.