

где  $A$  и  $B$  – коэффициенты, определяемые по графикам (рис. 3 и 4) в зависимости от параметра стеснения и "числа закрутки".

Анализ рис. 1, а и 2,а показывает, что при сравнительно малом стеснении ( $5 \leq \sqrt{F_{II}/d_0}$ ) сходимость экспериментальных и рассчитанных с помощью уравнений (1) и (2) значений максимальной скорости лучше, чем при большом стеснении ( $\sqrt{F_{II}/d_0} < 5$ ). Это объясняется недостаточной точностью определения  $\overline{\varphi}_2^{CT}$ . В то же время для всех исследованных "чисел закрутки" и параметров стеснения линейная ошибка аппроксимации величины  $v_{xm}/v_{xmo}$  не превышает 3%, что позволяет применять уравнение (1), в котором значение  $\overline{\varphi}_2^{CT}$  определено по формуле (2) для расчета максимальной скорости в закрученной струе, развивающейся в тупике.

## Л и т е р а т у р а

1. Л о в ц о в В.В. Исследование и методика расчета воздухораспределения закрученными струями: Автореф. дис. ... канд.техн.наук. – Л., 1977. – 22 с.
2. К у н о в с к и й В.И., С ы ч е в А.Т. О распределении воздуха закрученными струями в системах кондиционирования. – В сб.: Совершенствование процессов, машин и аппаратов холодильной и криогенной техники и кондиционирования воздуха. Ташкент, 1977, с. 21–22.
3. Д у б о в В.С. Распространение свободной закрученной струи в затопленном пространстве. – Тр. ЛПИ. Л., 1955, № 176, с. 137–145.

УДК 662.767.3

**Н.А. Кривицкая**, *канд. техн. наук*  
(БПИ)

## ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ РАСХОДОВ ГАЗА В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДАХ

Для условий перспективного расселения, основанного на сближении градостроительных, производственных и сельскохозяйственных комплексов, т.е. на концентрации потребителей газа, заслуживает внимания вариант снабжения пропан-бутановоздушной смесью по трубопроводным системам. В предполагаемой структуре застройки населенных пунктов с выделением гражданской, промышленной и сельскохозяйственной зон отбор газовой-воздушной смеси (ГВС) в жилом секторе характерен наличием большого числа равномерно распределенных бытовых потребителей, что определяет условия отбора смеси из распределительных газопроводов.

Переменный по длине расход газовой-воздушной смеси на участке с равномерным путевым отбором условно заменяется одним постоянным расходом  $V_3$ , эквивалентным ему по величине вызываемых суммарных линейных потерь давления. Таким образом,

$$V = V_3 = V_{\text{пут}} \cdot \varphi, \quad (1)$$

где  $V_{\text{пут}}$  – путь расход газа (ГВС) на участке,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;  $\varphi$  – поправочный коэффициент.

Для участка с транзитным  $V_{\text{тр}}$  и путь расходом  $V_{\text{пут}}$  газовой смеси

$$V = V_{\text{тр}} + V_3 = V_{\text{тр}} + V_{\text{пут}} \cdot \varphi.$$

Действующие в настоящее время нормативы рекомендуют принимать значение поправочного коэффициента  $\varphi=0,5$ . Это соответствует перемещению путь расхода газа в газопроводе при ламинарном режиме течения, который практически отсутствует в распределительных системах, а может иметь место в отдельных случаях лишь на самых отдаленных ее участках, выполняющих функции переключек.

Наиболее важным фактором, влияющим на осредненный расход, является число ответвлений с отбором газа или газовой смеси потребителям. Рассматривая вариант снабжения потребителей газовой смесью, используем ранее полученную зависимость [1] для определения потерь давления в трубопроводе при движении газовой смеси низкого давления с условным значением ее плотности  $\rho_{\text{Г.ВС}}=1 \text{ кг/м}^3$

$$\frac{p_1 - p_2}{l} = R = 22,9 \frac{V^{1,75}}{D^{4,75}}. \quad (2)$$

Рассмотрим газопровод постоянного диаметра на всем протяжении с врезками-вводами, равноудаленными друг от друга и примерно равными расходами газовой смеси (рис. 1). Потери давления на каждом из участков составят

$$\left. \begin{aligned} p_n - p_1 &= 22,9 \frac{V_0^{1,75}}{D^{4,75}} ; \\ p_1 - p_2 &= 22,9 \frac{V_1^{1,75}}{D^{4,75}} ; \\ p_2 - p_3 &= 22,9 \frac{V_2^{1,75}}{D^{4,75}} ; \\ &\dots \dots \dots \\ p_{n-1} - p_k &= 22,9 \frac{V_n^{1,75}}{D^{4,75}} . \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Сложив систему уравнений (3), получим

$$p_n - p_k = \frac{22,9}{D^{4,75}} (V_0^{1,75} + V_1^{1,75} + V_2^{1,75} + \dots + V_n^{1,75}). \quad (4)$$

Расход газовой смеси на расчетном распределительном участке постоянного диаметра длиной  $l_{\text{общ}}$  может быть заменен эквивалентным конечным расходом (по создаваемой потере давления  $p_H - p_K$ )  $V_3 = V_{\text{пут}} \varphi$ , т.е. должно иметь место выражение

$$p_H - p_K = 22,9 \frac{V^{1,75}}{D^{4,75}} l_{\text{общ}} \quad (5)$$

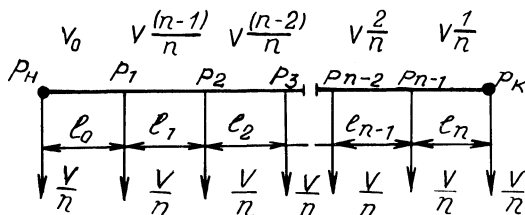


Рис. 1. Схема расчетного участка в распределительном газопроводе.

Для случая  $n$ -го числа равноудаленных ответвлений, т.е. при  $l_0 = l_1 = l_2 = \dots = l_n = \frac{l_{\text{общ}}}{n}$ ,

$$V_3 = V \left[ \frac{1 + \left(\frac{n-1}{n}\right)^{1,75} + \left(\frac{n-2}{n}\right)^{1,75} + \dots + \left(\frac{2}{n}\right)^{1,75} + \left(\frac{1}{n}\right)^{1,75}}{n} \right]^{0,57}, \quad (6)$$

откуда

$$\varphi = \left[ \frac{1 + \left(\frac{n-1}{n}\right)^{1,75} + \left(\frac{n-2}{n}\right)^{1,75} + \dots + \left(\frac{2}{n}\right)^{1,75} + \left(\frac{1}{n}\right)^{1,75}}{n} \right]^{0,57}. \quad (7)$$

Из выражения (7) следует, что коэффициент  $\varphi < 1$  и величина его зависит от числа ответвлений  $n$  на данном расчетном участке газопровода. Зависимость (7) неудобна для практического пользования при значительном числе ответвлений. Для различных значений  $n$  выражение (7) может быть аппроксимировано и приведено к простейшему виду.

Уравнение аппроксимирующей линии (по предварительно построенному графику функциональной зависимости  $\varphi$  от  $n$ ) может быть представлено в виде обратной функции

$$\varphi' = A + \frac{B}{n}. \quad (8)$$

Коэффициенты  $A$  и  $B$  определяются при совместном решении уравнений вида (8) для двух произвольных значений  $\varphi$  и  $n$ :

$$A = \frac{\varphi_2 n_2^2 - \varphi_1 n_1^2}{n_2 - n_1}; \quad B = \frac{(\varphi_2 - \varphi_1) n_1 n_2}{n_2 - n_1}.$$

Определение коэффициентов А и В и подстановка их значений в выражение (8) позволяют получить удобную для практического пользования формулу

$$\varphi' = 0,57 + \frac{0,43}{n} \quad (9)$$

Таким образом, эквивалентный (расчетный) расход в распределительном газопроводе с учетом числа ответвлений

$$V_3 = (0,57 + \frac{0,43}{n}) V_{\text{пут}} \quad (10)$$

При  $n \rightarrow \infty$ , т.е. при бесконечно большом числе ответвлений  $\varphi=0,57$ . В реальных условиях проектирования длина распределительного участка газопровода определяется числом вводов в одно здание большой протяженности или группой однотипных близко расположенных зданий, где  $n=6-10$ . В этих условиях  $V_3 \cong 0,6V_{\text{пут}}$  или  $V=V_{\text{тр}} + 0,6V_{\text{пут}}$ .

Попутно возникает вопрос о влиянии режимов течения на расходы газа. В литературе имеются рекомендации [3] по определению расчетных расходов газа в газовых сетях низкого давления с учетом режима движения и соотношения путевого и транзитных расходов. Для этой цели предлагается обобщенная формула

$$V = \left[ \frac{1}{3-m} \frac{(V_{\text{тр}} + V_{\text{пут}})^{3-m}}{V_{\text{пут}}} V_{\text{тр}} \right]^{\frac{1}{2-m}}, \quad (11)$$

где  $m$  — показатель, характеризующий режим движения.

Для ламинарного режима  $m=1$ , для турбулентного режима в зоне применимости закона Блазиуса  $m=0,25$ , для квадратичного —  $m=0$ . В приведенной автором [3] формуле (11) поправочный коэффициент  $\varphi$  на величину путевого расхода находится в пределах значений, выявленных для определения величины эквивалентного расхода с учетом числа ответвлений. Поэтому для расчета более простым и удобным является метод определения расчетных расходов с учетом числа ответвлений.

В ы в о д ы . 1. Эквивалентный расход газозвоздушной смеси (газа) на расчетных участках газопровода с путевым отбором следует определять с учетом числа ответвлений.

2. Режим движения потока оказывает влияние на величину расчетного расхода, равнозначное влиянию числа ответвлений, что позволяет для упрощения расчета ограничиться учетом числа ответвлений.

## Л и т е р а т у р а

1. К р и в и ц к а я Н.А. Некоторые вопросы гидравлического расчета газопроводов, транспортирующих газозвоздушную смесь. — Изв. вузов СССР. Сер. Энергетика, 1977, № 1, с. 142. 2. Б о б р о в с к и й С.А. Гидравлический расчет распределительных газопроводов. — М., 1968, с. 113.