

## ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП П-37-76. Газоснабжение. Внутренние и наружные устройства. Нормы проектирования. — М., 1977. — 87 с. 2. Михеев В.П., Медников Ю.П. Сжигание природного газа. — Л., 1975. — 392 с. 3. Борисов С.Н., Датошный В.В. Гидравлические расчеты газопроводов. — М., 1972. — 112 с.

УДК 696.43:532.5

В.М. КОПКО, канд.техн.наук,  
В.М. ЕРМОЛЕНКО (БПИ)

### О ГИДРАВЛИЧЕСКОМ РАСЧЕТЕ ТЕПЛОПРОВОДОВ СИСТЕМ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ С УЧЕТОМ НАКИПЕОБРАЗОВАНИЯ В ТРУБАХ

С целью поддержания расчетного гидравлического режима в системах горячего водоснабжения при проектировании требуется производить гидравлический расчет теплопроводов с учетом образования в трубах накипи [1]. В литературе [1] (приложение 8) рассматривается уменьшение диаметра труб  $\Delta d$  вследствие накипеобразования. Однако для практических расчетов пользоваться этими данными не представляется возможным, так как все имеющиеся вспомогательные таблицы и номограммы составлены для труб номенклатурой стандартных диаметров без учета накипеобразования. В источнике [2] указано, что "в гидравлических расчетах удельные потери напора необходимо определять по ближайшим меньшим на величину зарастания стандартным диаметрам труб". Здесь же рекомендуется в приближенных расчетах удельные потери напора зарастание труб учитывать путем увеличения табличных значений примерно на 20%. В литературе [3] влияние этого фактора предлагается учитывать введением поправочного коэффициента 1,2 к суммарной величине потерь давления в системе горячего водоснабжения. Наконец, в источнике [4] приведены корректирующие коэффициенты скорости движения воды  $K_w$  и удельных потерь давления на трение  $K_R$ . На эти коэффициенты следует умножать табличные значения скорости  $w$  и удельных потерь давления на трение  $R$ . Здесь же указано, что корректирующие коэффициенты приведены по данным СНиП [1]. Однако остается неизвестным, каким образом  $K_w$  и  $K_R$  рассчитаны. Данные гидравлического расчета систем горячего водоснабжения, полученные с учетом рекомендаций [2–4], показывают существенное расхождение последних.

Вот почему целью настоящей работы явилось:

определение удельных потерь давления и скоростей движения воды для труб различных диаметров с учетом накипеобразования по литературе [1] (приложение 8);

составление номограммы для гидравлического расчета теплопроводов систем горячего водоснабжения с учетом накипеобразования.

Скорость движения воды в трубопроводе при уменьшении диаметра на

$\Delta d$  (вследствие зарастания стенок накипью) рассчитаем исходя из уравнения неразрывности потока [5]:

$$w_H = \frac{G \cdot 10^3}{(F - \Delta F)} = \frac{G \cdot 10^3}{\frac{\pi (d - \Delta d)^2}{4}} = \frac{4G \cdot 10^3}{\pi (d - \Delta d)^2}, \quad (1)$$

где  $G$  — расход воды;  $F$  — площадь живого сечения трубы;  $\Delta F$  — уменьшение площади живого сечения трубы вследствие зарастания накипью;  $d$  — внутренний диаметр трубы;  $\Delta d$  — уменьшение внутреннего диаметра трубы вследствие накипеобразования;  $(d - \Delta d)^2$  — внутренний диаметр трубы в квадрате с учетом накипеобразования (в расчетах принимается как единая величина, а не как квадрат разности двух величин).

Удельные потери давления на трение в трубах с учетом накипеобразования определяются по формуле Дарси [4]:

$$R = \frac{\lambda}{(d - \Delta d)} \frac{w_H^2}{2} \rho, \quad (2)$$

где  $\lambda$  — коэффициент гидравлического трения;  $\rho$  — плотность воды; при  $t_r = 55^\circ \text{C}$   $\rho = 985,6 \text{ кг/м}^3$ .

Далее,  $\lambda$  зависит от режима движения воды и определяется следующим образом:

1) в области квадратичного закона при  $Re \geq Re_{пр}$

$$\lambda = \frac{1}{(1,14 + 2lg \frac{d}{K_э})^2}; \quad (3)$$

2) в переходной области при  $Re < Re_{пр}$

$$\lambda = \frac{1}{[-2lg (\frac{2,51}{Re\sqrt{\lambda}} + \frac{K_э}{3,7d})]^2}. \quad (4)$$

Допускается определять коэффициент  $\lambda$  для любых значений числа  $Re$  по формуле Альтшуля:

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{K_э}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}. \quad (5)$$

В выражениях (3)–(5)  $Re_{пр}$  — предельное число Рейнольдса, определяющее границы переходной области и области квадратичного закона;  $K_э$  — абсолютная эквивалентная шероховатость внутренней поверхности труб.

Подставляя уравнения (1) и (5) в (2), получаем исходное выражение для определения удельных потерь давления на трение для трубопроводов систем горячего водоснабжения с учетом накипеобразования:

$$R = 0,11 \left( \frac{k_э}{(d - \Delta d)} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25} \frac{1}{(d - \Delta d)} \frac{\rho w_H^2}{2} =$$

$$= 87,88 \cdot 10^{-6} \left( \frac{0,001}{(d - \Delta d)} + 2,76 \cdot 10^{-2} \frac{(d - \Delta d)}{G} \right)^{0,25} \cdot \frac{G^2}{(d - \Delta d)^5} \quad (6)$$

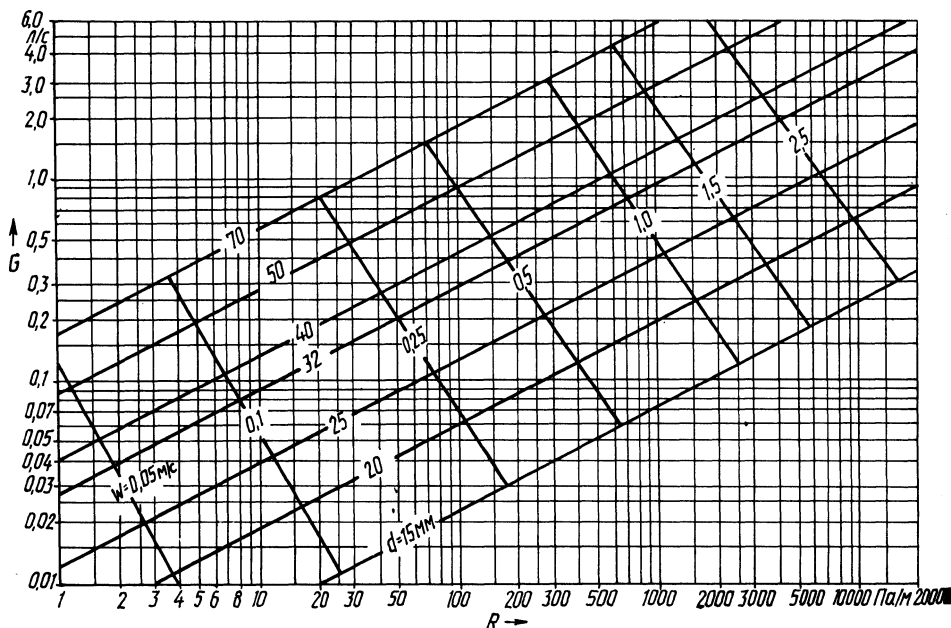


Рис. 1. Номограмма для гидравлического расчета теплопроводов горячего водоснабжения.

Результаты расчета на основании выражений (1) и (6) сведены в номограмму (рис. 1). Расчет проведен при абсолютной эквивалентной шероховатости  $K_э = 0,001$  м и температуре горячей воды  $t_r = 55$  °С.

Номограмма является вспомогательным материалом при расчете закрытых систем горячего водоснабжения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП П-34-76. Горячее водоснабжение. — М., ч. II, гл. 34, 1976, п. 5, 8.
2. Тепло-снабжение/В.Е. Козин, Т.А. Левина, А.П. Марков и др. — М., 1980, с. 82.
3. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч. I. Отопление, водо-

провод и канализация/Под ред. И.Г. Староверова. – М., 1978, п. 20.6. 4. Теплоснабжение/ А.А. Ионин, Б.М. Хлыбов, В.Н. Братенков, Е.Н. Терлецкая. – М., 1982, с. 336. 5. П р о ц к и й А.Е., В о п н я р с к и й И.П., Ш у л ь п и н И.А. Основы гидравлики и теплотехники. – Минск, 1980, с. 284.

УДК 697.957

В.К. ВОЙТЕХОВИЧ (БПИ)

## РЕЗУЛЬТАТЫ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ РЕГУЛИРУЕМОГО ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ

”Затопление” рабочей зоны значительными объемами приточного воздуха позволяет увеличить рабочую разность температур ( $t_{yx} - t_0$ ) и уменьшить производительность приточной вентиляции, которая изменяется в течение года. Это требует применения воздухораспределителя, образующего крупную струю [1].

На кафедрах ”Отопление и вентиляция” и ”Теплогасоснабжение” Белорусского политехнического института разработан и испытан воздухораспределитель типа ВРВ (воздухораспределитель регулируемый веерный), отвечающий указанным требованиям (рис. 1).

Воздухораспределитель состоит из корпуса 1, лопаток 4, заслонки 3, приводов 2 и 5. Лопатки поворачиваются вокруг своей оси. Угол раскрытия струи, истекающей из воздухораспределителя, зависит от угла установки лопаток и может изменяться в пределах 15–120 град. При установке лопаток параллельно истекающему потоку на выходе образуется компактная струя с естественным углом раскрытия  $\sim 15$  град. При веерообразном их расположении на истечении создается неполная веерная струя с углом раскрытия, примерно равным углу, образованному крайними лопатками  $\beta$ . Изменяя угол раскрытия струи, можно в широких пределах регулировать ее дальнобойность, эжекционную способность и температуру. Увеличение угла установки лопаток приводит к росту сопротивления воздухораспределителя и уменьшению его производительности при неизменном режиме работы вентилятора. С помощью заслонки регулируется направление приточной струи, что необходимо в системах вентиляции и КВ, совмещающих функции воздушного отопления.

Испытание воздухораспределителя производилось на экспериментальной установке по методике [2]. Кинематические характеристики создаваемой им струи определялись в изотермических условиях при помощи пневмометрической трубки и микроманометра. Для определения сопротивления воздухораспределителя измеряли полное  $H_{\text{п}}$ , статическое  $H_{\text{с}}$  и динамическое  $H_{\text{д}}$  давления в подводящем патрубке при трех значениях скорости в нем ( $v_0 = 5; 10$  и  $15$  м/с). Коэффициент местного сопротивления воздухораспределителя находим по формуле [2]:

$$\xi = H_{\text{п}}/H_{\text{д}}.$$

\* КВ – кондиционирование воздуха.