

ТЕМА12. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

12.1. Способы гидравлического расчета трубопроводов систем водяного отопления

При расчете трубопроводов систем водяного отопления используются различные способы:

- удельной потери давления;
- характеристик сопротивления;
- динамических давлений;
- эквивалентных сопротивлений;
- приведенных длин.

Из курса «Механика жидкости и газа» известна формула для определения потери давления на участке трубопровода ΔP , Па:

$$\Delta P = \left(\frac{\lambda}{d} l + \sum \zeta \right) \frac{w^2}{2} \rho = \frac{\lambda}{d} l \frac{w^2}{2} \rho + \sum \zeta \frac{w^2}{2} \rho = Rl + Z = \Delta P_{\text{дл}} + \Delta P_{\text{м}}, \quad (12.1)$$

где λ - безразмерный коэффициент сопротивления вследствие трения о внутреннюю поверхность стенки трубопровода;

l - длина трубопровода, м;

d - внутренний диаметр трубопровода, м;

$\sum \zeta$ - сумма коэффициентов местных сопротивлений на рассматриваемом участке трубопровода;

w - скорость движения воды, м/с;

ρ - плотность воды, кг/м³;

Rl , $\Delta P_{\text{дл}}$ - потери давления по длине, Па;

Z , $\Delta P_{\text{м}}$ - потери давления в местных сопротивлениях, Па.

Из формулы (12.1) следует, что величина удельной потери давления на трение R , Па/м, определяется по формуле

$$R = \frac{\lambda}{d} \frac{w^2}{2} \rho. \quad (12.2)$$

По формуле (12.2) составлены таблицы для гидравлического расчета стальных трубопроводов. Методика построения таблиц изложена [12]. При проведении гидравлических расчетов по способу удельной потери давления обычно используются таблицы [8]. Причем имеются таблицы для расчета стальных легких и обыкновенных труб по ГОСТ 3262 при $\kappa_{ш} = 0,2$ мм. Эквивалентная шероховатость внутренней поверхности стальных труб $\kappa_{ш} = 0,2$ мм принята в соответствии с рекомендациями Всесоюзного теплотехнического института (ВТИ) и соответствует стальным трубам более года хранившимся на открытом складе.

В [5] имеются следующие таблицы: «Расчет трубопроводов водяного отопления при перепадах температуры воды в системе 95-70 °С и 105-70 °С» и «Расчет трубопроводов водяного отопления при перепадах температуры воды в системе 130-70 °С и 150-70 °С».

В приложении Л [1] приводятся также расчетные значения перепадов температуры воды в системе отопления 85-65 °С, 110-70 °С, 115-70 °С. При перепадах температур 85-65 °С, 110-70 °С следует пользоваться таблицами для перепадов температуры воды 95-70 °С и 105-70 °С [12]. При перепадах температуры 115-70 °С следует пользоваться таблицами для перепадов температур воды 130-70 °С, 150-70 °С.

Коэффициенты местных сопротивлений обычно определяются по таблицам. Причем имеются таблицы, в которых приводятся точные и приближенные их значения. Точные значения КМС используются при расчете гравитационных систем, типовом проектировании, расчете систем отопления уникальных зданий.

При расчете по способу характеристик сопротивления потери давления на участке трубопровода ΔP , Па, определяется по известной из курса «Механика жидкости и газа» формуле

$$\Delta P = S \cdot G^2, \quad (12.3)$$

где S - характеристика сопротивления рассматриваемого участка трубопровода, Па/(кг/с)²;

G - расход воды на рассматриваемом участке трубопровода, кг/с.

Характеристика сопротивления рассматриваемого участка трубопровода S , Па/(кг/с)², определяется по формуле

$$S = \left(\frac{\lambda}{d} l + \sum \zeta \right) A, \quad (12.4)$$

где $\lambda, d, l, \sum \zeta$ - то же, что в формуле (12.1);

A - удельное динамическое давление в рассматриваемом трубопроводе, т.е. динамическое давление, имеющее место в трубопроводе при движении по нему единицы расхода (кг/с) воды, $\text{Па}/(\text{кг/с})^2$.

Определение характеристик сопротивления по формуле (12.4) не представляется сложным, так как величины λ/d и A приводятся для стальных труб в литературных источниках (например [8]) в зависимости от диаметра трубы и способа циркуляции (гравитационная или насосная) воды в системе.

Способ расчета по удельной потере давления более точен по сравнению со способом расчета по характеристикам сопротивления, так как при расчете по характеристикам сопротивления используются усредненные значения коэффициентов сопротивления вследствие трения о внутреннюю поверхность стенок трубы λ . Способ расчета по удельной потере давления рекомендуется использовать при расчете систем с естественной циркуляцией воды, типовом проектировании и расчете систем отопления уникальных зданий.

Для гидравлического расчета полимерных и металлополимерных труб можно использовать таблицы, которые приведены в [9].

В случае применения медных, стеклянных и других труб, можно удельную потерю давления на трение определять по формуле (12.2). Для определения величины безразмерного коэффициента λ можно рекомендовать следующие формулы

$$\text{при числе Рейнольдса } Re = 0 \div 2300 - \lambda = \frac{64}{Re}, \quad (12.5)$$

$$\text{при } 2300 < Re < 11 \frac{d}{\kappa_{\text{ш}}} - \lambda = \frac{1,01}{(\lg Re)^{2,5}}, \quad (12.6)$$

$$\text{при } 11 \frac{d}{\kappa_{\text{ш}}} < Re < 445 \frac{d}{\kappa_{\text{ш}}} - \lambda = \frac{1,42}{\left(\lg Re \frac{d}{\kappa_{\text{ш}}} \right)^2}, \quad (12.7)$$

$$\text{при } Re \geq 445 \frac{d}{\kappa_{\text{ш}}} - \lambda = \frac{1}{\left(1,14 + 2 \lg \frac{d}{\kappa_{\text{ш}}} \right)^2}, \quad (12.8)$$

где d - внутренний диаметр трубопровода, мм;

$\kappa_{ин}$ - эквивалентная шероховатость внутренней поверхности стенки трубопровода, мм.

Формулы (12.5)÷(12.8) можно применять для определения безразмерного коэффициента λ при расчете стальных, полимерных и металлополимерных труб.

12.2. Понятие о расчете систем водяного отопления по методу переменных перепадов температур воды на стояках (ветвях)

Существует метод расчета трубопроводных систем водяного отопления с постоянными перепадами температур воды на стояках (ветвях).

При этом методе перепады температур воды на стояках (ветвях) принимается одинаковым и равным перепаду температур в системе, если не учитывать охлаждение воды в трубопроводе, то есть:

$$\Delta t_{cm} = \Delta t_c, \quad (12.9)$$

где $\Delta t_{cm}, \Delta t_c$ - перепад температур воды соответственно на стояке и в системе отопления, °С.

Перепад температур воды в системе отопления определяется:

$$\Delta t_c = t_2 - t_0; \quad (12.10)$$

где t_2, t_0 - значения расчетных температур соответственно горячей и обратной воды в системе, °С.

При этом методе расчета расход воды на каждом расчетном участке $G_i, \text{кг/с}$, определяется по формуле

$$G_i = \frac{Q_i}{c \cdot (t_2 - t_0)}, \quad (12.11)$$

где Q_i - тепловая нагрузка на рассматриваемом участке, Вт.

c - массовая теплоемкость воды, ($\text{Дж/кг} \cdot ^\circ\text{С}$).

Таким образом, расходы воды на всех расчетных участках являются величинами известными. Принципиальным отличием метода расчета с переменными перепадами температур воды от метода расчета с постоянными

перепадами температур воды является то, что расход воды на расчетных участках первоначально является неизвестным.

Понятие о расчете систем водяного отопления по методу перепадов температур воды получим из рассмотрения примера расчета части тупиковой однетрубной системы отопления с верхней разводкой, схема которой изображена на рис. 12.1.

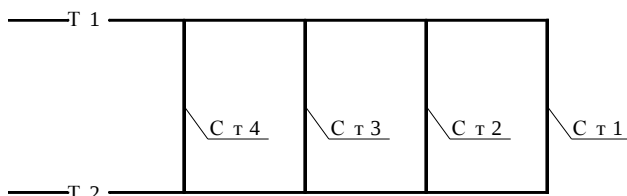


Рис. 12.1. Схема части тупиковой однетрубной системы отопления с верхней разводкой

При расчете задаемся перепадом температур воды на наиболее удаленном от узла управления системы стояке 1 несколько большим перепада температур воды в системе, то есть:

$$\Delta t_{cm1} > \Delta t_c \quad (12.12)$$

Определяем расход воды в стояке 1:

$$G_{cm1} = \frac{Q_{cm1}}{c \cdot \Delta t_{cm1}}, \quad (12.13)$$

где Q_{cm1} - тепловая нагрузка Cm 1, Вт.

c – массовая теплоемкость воды ($Джс / кг \cdot ^\circ C$);

Задаемся диаметром трубопроводов Cm 1, определяем характеристику сопротивления стояка 1, $S_{cm1}, \frac{Па}{\left(\frac{кг}{с}\right)^2}$ по формуле

$$S_{cm1} = \left(\frac{l}{d} \cdot l + \sum z \right) \cdot A, \quad (12.14)$$

где $l, d, \sum z$ – то же, что в формуле (12.1);

A – то же, что в формуле (12.4).

Определяем потери давления в стояке 1 ΔP_{cm1} , Па, по формуле:

$$\Delta P_{cm1} = S_{cm1} \cdot G_{cm1}^2. \quad (12.15)$$

Используя принцип равенства потерь давления на участках трубопроводов соединенных параллельно, известный из курса «МЖГ», можно записать:

$$\Delta P_{cm2} = \Delta P_{cm1}, \quad (12.16)$$

где ΔP_{cm2} - потери давления в стояке 2, Па.

Задаемся диаметром трубопроводов стояка 2 и определяем характеристику сопротивления:

$$S_{cm2} = \left(\frac{l}{d} \cdot l + \sum z \right) \cdot A. \quad (12.17)$$

Определяем потери давления в стояке 2, Па, по формуле

$$\Delta P_{cm2} = S_{cm2} \cdot G_{cm2}^2. \quad (12.18)$$

Определяем расход воды G_{cm2} , кг / с, в Ст 2

$$G_{cm2} = \sqrt{\frac{\Delta P_{cm2}}{S_{cm2}}}; \quad (12.19)$$

Определяем перепад температур воды на Ст 2, Δt_{cm2}

$$\Delta t_{cm2} = \frac{Q_{cm2}}{c \cdot G_{cm2}}, \quad (12.20)$$

где Q_{cm2} - тепловая нагрузка Ст 2, Вт.

c – массовая теплоемкость воды (Дж / кг · °С);

Определенный по выражению (12.20) перепад температур воды на *Ст* 2 может оказаться менее либо равен или более либо равен перепаду температур воды в системе Δt_c . Отсюда и название метода расчета.

Далее, рассуждая аналогично, можно определить перепады температур воды на остальных стояках.

Преимуществами метода расчета с переменными перепадами температур является:

1. Не требуется монтажная регулировка системы отопления при ее пуске в работу, так как невязки по потерям давления в параллельно соединенных участках отсутствует.

2. Диаметр трубопроводов всех стояков принимается либо одинаковым, либо равными двум значениям, что способствует индустриализации монтажа системы.

3. При расчете по методу переменных перепадов используются большие перепады давления в системе отопления.

Пункт 6.29 [1] гласит: разность температур теплоносителя в стояках, ветвях системы водяного отопления при расчете систем с переменными разностями температур не должна отличаться более чем на 25%, но не более 8°C от расчетной разности температур.