

**ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СПИРАЛЕОБРАЗНОГО  
ТЕПЛООБМЕННИКА С ПЕРЕКРЕСТНО-ПРЯМОТОЧНОЙ СХЕМОЙ  
ДВИЖЕНИЯ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ**

**Акбулатова М.А., Добрынина Е.А., Козырев Л.В.  
Научный руководитель – доцент Карпов В.И.**

*Сибирский федеральный университет*

При конструировании теплообменников, используемых для нагрева теплоносителя и создания естественной циркуляции в системах водяного отопления малоэтажных индивидуальных зданий, требуется повышенная точность расчета. Это, во-первых, объясняется тем, что процессы теплообмена и гидродинамики в рассматриваемых системах тесно взаимосвязаны. Во-вторых, даже незначительная неточность (в сторону занижения) расчета теплопроизводительности аппарата может повлечь за собой недопустимо низкую температуру воздуха отопительного помещения. Так, например, при снижении расчетной мощности системы на 15%, расчетной температуре внутреннего воздуха 20°C и наружной температуре -30°C, будет иметь место следующее соотношение:

$$\frac{Q_{c.o.}}{Q_{c.o}^*} = \frac{t_g - t_n}{t_g^* - t_n} = 0,85$$

где  $Q_{c.o.}$ ,  $Q_{c.o}^*$  – соответственно необходимая точная и уменьшенная мощность системы, Вт;  $t_g^*$ ,  $t_g$  – расчетная и действительная температура внутреннего воздуха, °C.

Подставляя численные значения, будем иметь:

$$T_B = (T_B^* - T_H) \cdot 0,85 + T_H = 12,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Таким образом, для теплового расчета спиралеобразного теплообменника с малым гидравлическим сопротивлением необходима точная постановка задачи. На рис.1 приведена конструктивная схема теплообменника. Особенностью рассматриваемого случая является то, что схема движения теплообмениваемых сред отличается от прямо (или противотока), а также не является чисто перекрестноточной. Для решения данной задачи обратимся к рис.2. Будем считать, что поток теплоносителя, проходящего вне трубок, движется не прямо по координате  $X_0$ , а по винтовой линии (координата  $X$ ). Однако, между тем, температура потока в каждом элементарном слое толщиной  $\Delta X_0$  одна и та же.

В случае прямотока постановка данной задачи имеет вид :

$$\frac{d\theta_z}{dx} = -F_{Oz}(\theta_0 + \theta_\Gamma - 1) \quad (1)$$

$$\frac{d\theta_o}{dx_o} = -F_{Oz}(\theta_0 + \theta_\Gamma - 1)W_z, \quad (2)$$

$$\text{где } \theta_z = \frac{t_z - t_{z,n}}{t_{o,n} - t_{z,n}}; \theta_o = \frac{t_o - t_{o,n}}{t_{z,n} - t_{o,n}} \quad (3)$$

$$F_{Oz} = \frac{k \cdot F}{c_z \cdot G_z}; W_z = \frac{c_z \cdot G_z}{c_o \cdot G_o} \quad (4)$$

Из свойств винтовой линии известно, что

$$\alpha = \arctg(\pi d/h) \quad (5)$$

Тогда связь между координатами  $x$  и  $x_o$  имеет вид:

$$x_o = x \cdot \cos \alpha \quad (6)$$

Сделав некоторые преобразования, получим:

$$\frac{d\theta_o}{dx} = -F_{Oz} \cdot W_\alpha (\theta_z + \theta_{o-1}) \quad (7)$$

где  $W_{\alpha} = W_2 \cdot \cos^2(\arctg \frac{\pi d}{h})$

В результате получаем новую систему (1), (7), решение которой относительно координаты  $x$ , имеет вид:

$$\theta_2 = \frac{1 - \exp[-F_{02}(1+W_{\alpha})]}{1+W_{\alpha}} \quad (8)$$

$$\theta_0 = \frac{1 - \exp[-F_{02}(1+W_{\alpha})]}{1+1/W_{\alpha}} \quad (9)$$

Данные зависимости дают значения температур на выходе из теплообменника (греющей среды  $\theta_2$  и нагреваемой  $\theta_0$ ).

Остановимся более подробно на определении конструктивных параметров теплообменника. В рассматриваемом случае можно задаться диаметром трубок ( $d_{mp}$ ), диаметром змеевика ( $d$ ) и шагом спирали ( $h$ ). Искомыми параметрами тогда будут общая длина змеевика ( $l_{mp}$ ) и высота внешнего корпуса теплообменника ( $L_2$ ).

Задаваясь значениями конечных температур ( $t_{ок}$  и  $t_{2,к}$ ), определим расходы греющей и нагреваемой сред:

$$G_2 = \frac{Q_{c,o}}{c_2(t_{2,к} - t_{2,н})}; \quad G_0 = \frac{Q_{c,o}}{c_0(t_{ок} - t_{о,н})} \quad (10)$$

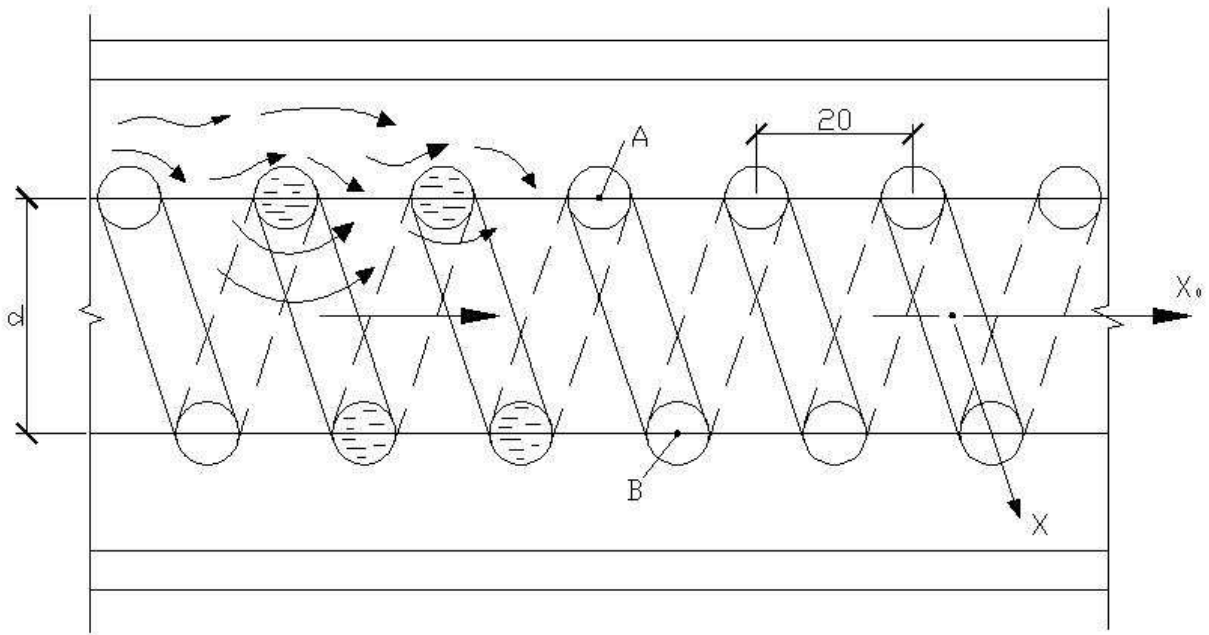
где  $Q_{c,o}$  - мощность отопительной системы, Вт.

Тогда воспользовавшись уравнением (10), получим:

$$F_{02} = \frac{1}{1+W_{\alpha}} \ln \frac{1}{1 - \theta_{о,к}(1+1/W_{\alpha})} = \frac{k \cdot F_{mp}}{c_2 \cdot G_2} \quad (11)$$

где  $k$  - коэффициент теплопередачи теплообменника,  $Вт/(м^2 \cdot ^\circ C)$ ;  $F_{mp} = \pi d_{mp} \cdot l_{mp}$  - площадь теплообменника,  $м^2$ ;  $C_2$  - теплоемкость теплоносителя,  $ч \cdot Вт/(кг \cdot ^\circ C)$ .

На основании последнего равенства можно определить необходимую длину змеевика:



$$l_{mp} = F_{02}(c_2 \cdot G_2)/(k \cdot \pi \cdot d_{mp}) \quad (12)$$

Рис. 1 Конструктивная схема водоводяного спиралеобразного теплообменника

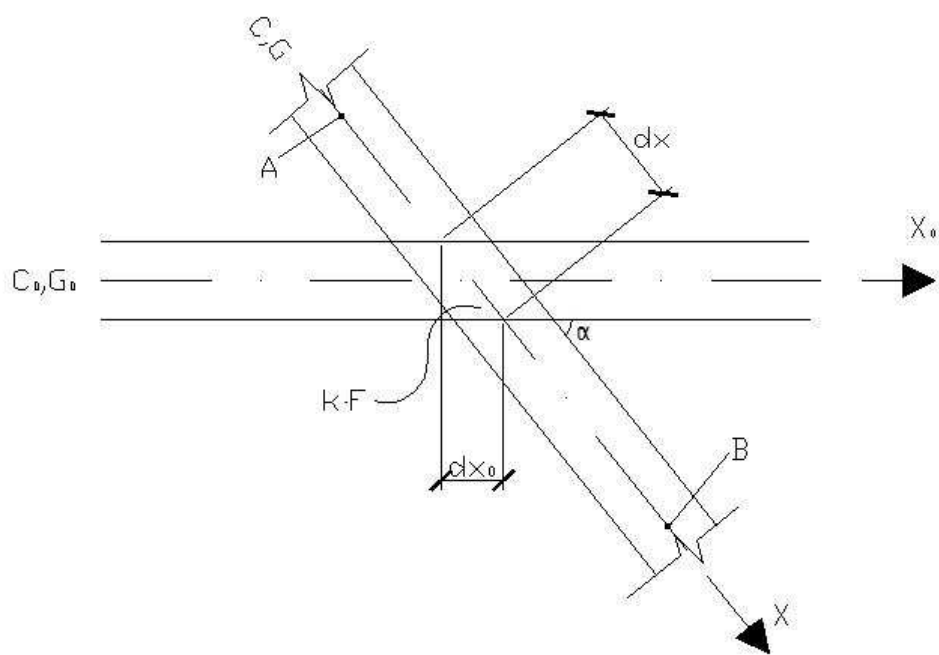


Рис. 2 К расчету теплопередачи в спиралеобразном теплообменнике