

УДК 697:620.9.004.18

О ПОДХОДЕ ЭВОЛЮЦИОННОГО ПОИСКА РЕШЕНИЙ ДЛЯ РАСЧЕТА ТРУБЧАТЫХ ГАЗОВЫХ НАГРЕВАТЕЛЕЙ, РАСПОЛОЖЕННЫХ В СПЛОШНЫХ СРЕДАХ

асп. Черноморец Г. Я., асп. Сухомуд Ю. А.

ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», г. Днепропетровск

Постановка проблемы. Одной из альтернатив центрального отопления являются трубчатые газовые нагреватели, которые одновременно источники автономного теплоснабжения и отопления. Преимуществом применения трубчатых нагревателей есть то, что их газоздушные каналы могут быть различной конфигурации и размещаться в сплошной среде (бетонной конструкции, воде и т.д.). Для проектирования таких систем необходимо иметь математическую модель трубчатого нагревателя в сплошной среде.

Анализ последних исследований. Разработка и исследование трубчатых газовых нагревателей представлены в различных технических решениях [1-3]. Усовершенствование и исследование работы трубчатых газовых нагревателей, газоздушные каналы которых расположены в сплошных средах, приведены в работах [4-7]. В работе [8] описана математическая модель трубчатых газовых нагревателей, расположенных в строительных конструкциях.

Постановка задачи. Разработать математическую модель трубчатого газового нагревателя, расположенного в сплошной среде, для его дальнейшего исследования и конструирования. С помощью численных методов решить задачу теплообмена между газоздушной смесью в канале трубчатого нагревателя и сплошной средой.

Общие технические решения.

На рис 1 и на рис. 2 представлены новые технические решения:

1 - трубчатый нагреватель с размещением газоздушных каналов в пространстве пола [4-6];

2 - трубчатый нагреватель с размещением газоздушных каналов в водяном пространстве [7].

Для конструкции пола выбран бетон, непосредственно в бетоне размещены каналы трубчатого линейного нагревателя. Над нагревателем имеется верхняя крышка в виде бетонной пластины, которая должна обеспечивать близкую к постоянной величине

температуру наружной поверхности нагревателя.

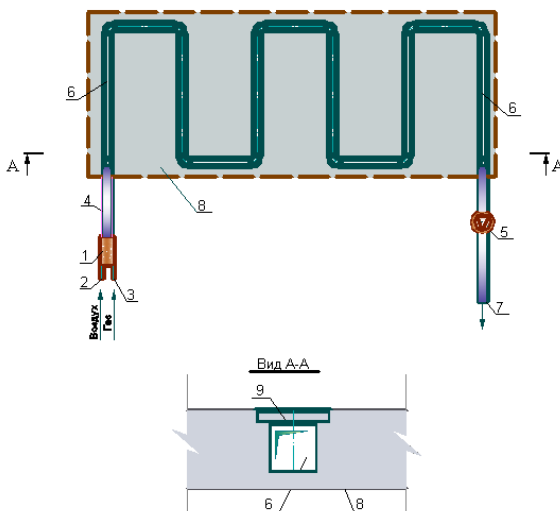


Рис.1. Трубчатый газовый нагреватель, размещенный в полу

1 – газовая горелка; 2 – патрубок подачи воздуха; 3 – патрубок подачи газа; 4 – начальный участок линейного нагревателя в теплоизоляции; 5 – вытяжной вентилятор; 6 – каналы газозвоздушной смеси; 7 – патрубок отвода газозвоздушной смеси; 8 – бетон; 9 – бетонная пластина.

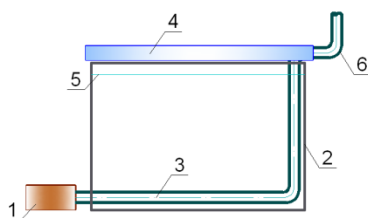


Рис.2. Трубчатый газовый нагреватель, размещенный в воде

1 – газовая горелка; 2 – корпус водяного подогревателя; 3 – трубчатый нагреватель; 4 – легкая теплоизолирующая панель; 5 – верхний свободный уровень водяного объема; 6 – патрубок удаления продуктов сгорания.

Математическую модель нагревателя можно, следуя [8], представить в виде:

$$G = \rho = \rho wF = \text{const} \quad (1)$$

$$p = \rho RT \quad (2)$$

$$\Phi = \Lambda dD_1 p \frac{w^2}{2} \quad (3)$$

$$dQ_1 = \pi D_1 dx \alpha_1 (T - T_{wi}) + \pi D_1 dx c_o \varepsilon (T_{wo}^4 - T_o^4) l 0^{(-8)} \quad (4)$$

$$dQ_2 = \pi D_2 dx \frac{\lambda}{\delta} (T_{wi} - T_{wo}) \quad (5)$$

$$dQ_3 = \pi D_2 dx c_o \varepsilon (T_{wo}^4 - T_o^4) l 0^{(-8)} \cdot \zeta(i) \quad (6)$$

$$dQ_4 = \pi D_2 dx \alpha_2 (T_{wo} - T_o) \quad (7)$$

$$d(\rho w F c_p T) = dQ_1 \quad (8)$$

$$dQ_1 = dQ_2 \quad (9)$$

$$dQ_2 = dQ_3 + dQ_4 \quad (10)$$

$$d(\rho w F c_p T) = dQ_1 + dQ_0 \text{ при } 0 < x \leq L_f \quad (11)$$

$$dQ_1 = dQ_2 + dQ_3 + dQ_4, \quad 0 < x \leq L_f \quad (12)$$

Где: ρ - плотность газовой смеси; w - средняя линейная скорость движения газа по трубе-излучателю; F - площадь поперечного сечения излучателя; P - абсолютное давление в сечении воздуховода; T - абсолютная температура газа в данном сечении воздуховода; R - газовая постоянная, зависящая от состава газовой смеси после полного сгорания горючего газа; dP - перепад давления при течении газа в воздуховоде-излучателе на участке длиной dx ; Λ - коэффициент трения; D_1 - эквивалентный диаметр канала нагревателя; dQ_1 - тепловой поток от газовой смеси к стенке излучающей трубы, передаваемый конвекцией; α_1 - коэффициент теплоотдачи конвекцией от трубы-излучателя в окружающее пространство при поперечном обмывании излучающей трубы приточным воздухом; T_{wi} - температура внутренней поверхности стенки канала в данном сечении; dQ_2 - тепловой поток от внутренней поверхности стенки нагревателя к внешней поверхности, передаваемый теплопроводностью; λ, δ, T_{wo} - соответственно коэффициенты теплопроводности материала, толщина и температура внешней поверхности стенки канала; D_2 - ширина пластины канала нагревателя; dQ_3 - тепловой поток излучением от внешней поверхности нагревателя в окружающее пространство отапливаемого помещения; c_o - коэффициент излучения абсолютно черного тела; ε - степень черноты материала внешней поверхности нагревателя; T_o - абсолютная температура окружающей среды в отапливаемом помещении; dQ_4 -

тепловой поток от внешней поверхности стенки нагревателя в окружающую среду отапливаемого помещения, передаваемый конвекцией; c_p - изобарная теплоемкость газозвушной смеси; dQ_0 - тепловой поток, который поступает в газозвушную смесь при сжигании горючего газа; S_f - площадь поверхности факела; y_f - радиус фронта горения; L_f - длина области горения газа; $\zeta(i)$ - критерий излучения среды ($\zeta=1$ – для строительной конструкции; $\zeta=0$ – для водяной среды).

Для расчета температурного и гидравлического режимов трубчатого газового нагревателя, расположенного в строительной конструкции или в водной среде необходимо знать коэффициент теплоотдачи α_2 . В свою очередь процесс теплоотдачи от трубчатого нагревателя определяется процессом теплообмена за счет теплопроводности для нагревателя в строительной конструкции или процессом конвективного теплообмена для нагревателя в водной среде. Процессы теплообмена описываются известными дифференциальными уравнениями, которые в общем виде для плоской задачи можно представить в виде:

$$\begin{aligned} L_1(t, y, z) &= 0, \\ L_2(t, y, z) &= 0, \\ \dots\dots\dots \\ L_p(t, y, z) &= 0 \end{aligned} \tag{13}$$

Где: L_1, L_2, \dots, L_p - известные дифференциальные операторы для области поиска решения $D(y, z)$ при граничных условиях:

$$\begin{aligned} S_1(t, y, z) &= 0, \\ \dots\dots\dots \\ S_q(t, y, z) &= 0, \text{ в граничной области } ZD. \end{aligned} \tag{14}$$

Задача расчета теплового и гидравлического режимов трубчатого нагревателя – это сопряженная задача, где нужно совместно рассматривать условия математической модели нагревателя (1) – (12) и условия математической модели теплообмена в сплошной среде (13), (14).

Предлагается следующий метод решения этой задачи. Неизвестное распределение коэффициента теплоотдачи α_2 вдоль трубчатого нагревателя, которое представляется в общем виде:

$$\alpha_2 = f(\bar{\sigma}),$$

а поиск осуществляется в виде известной функции ψ с неизвестными параметрами:

$$\alpha_2 = \psi(\bar{\sigma}, \dot{\alpha}_1, \dot{\alpha}_2, \dots, \dot{\alpha}_n)$$

При расчете необходимо найти такие значения $\{\dot{\alpha}_1, \dot{\alpha}_2, \dots, \dot{\alpha}_n\}$, которые бы наилучшим образом удовлетворяли условиям совместной математической модели (1) – (12), (13), (14).

Предлагается поиск решения указанных сопряженных задач осуществлять как эволюционный поиск наиболее предпочтительных решений [9]. Если критерий отбора решений выбрал в качестве суммарной невязки E – рассогласование выполнения условий (1) – (12), (13), (14), то поиск можно осуществлять в виде:

$$\dot{A}_{jk} = S(G(\dot{A}_{j-l,k})), \quad k=1,2,\dots \quad (15)$$

$$j=1, N_e$$

где: A_{jk} - множество наиболее предпочтительных решений-наборов $\dot{A} = (\dot{\alpha}_1, \dot{\alpha}_2, \dots, \dot{\alpha}_n)$ k -го шага итерации для j -ой ветви эволюции решений, N_e – число ветвей.

$G(\cdot)$ – функция генерации решений;

$S(\cdot)$ – функция выбора по критерию E .

Известно [10], что эволюционный поиск (15) обеспечивает сходимость к искомому решению с вероятностью 1.

Обсуждение результатов. Преимуществом разработанного алгоритма с применением эволюционного случайного поиска является возможность расчета теплообмена между газовой воздушной смесью в канале строительной конструкции трубчатого нагревателя и отапливаемым пространством, через сплошную среду, в которой размещены газовой воздушные каналы трубчатого нагревателя (в строительной конструкции, в воде и т.д.).

Выводы. Разработана математическая модель трубчатого газового нагревателя, расположенного в сплошной среде. С помощью нового подхода к решению широкого класса задач механики сплошной среды, который основывается на эволюционном поиске наиболее предпочтительных решений, рассмотрена задача теплообмена между газовой воздушной смесью в канале трубчатого нагревателя и сплошной средой.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Патент 63793 Україна (UA), МПК F24D 10/00. Пристрій для газового опалення/ К.В. Дудкін, В.Ф. Іродов, Г.Я. Чорноморець (Україна); заявник ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» (Україна). –№ 02070772; Заявл. 25.02.2011; Опубл. 25.10.2011. Бюл. № 20. – 4 с.: іл.

2. Дудкин К.В. Многоконтурные трубчатые газовые нагреватели как средства повышения безопасности воздушно-лучистого отопления/ К.В. Дудкин, Ю.В. Хацкевич, Л.В.Солод, Г.Я. Черноморец// Строительство, материалoведение, машиностроение: Сб. науч. трудов. – Днепропетровск, 2011. – №62. – С. 161–165.
3. Иродов В.Ф. Математическое моделирование и расчет инфракрасного трубчатого газового обогревателя/ В.Ф. Иродов, Л.В. Солод // Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. трудов. – 2010. – №52. – С. 130–132.
4. Черноморец Г.Я. Выбор параметров проектирования трубчатых газовых нагревателей, расположенных в конструкции пола/ Г.Я. Черноморец, В.Ф. Иродов// Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. трудов. – Днепропетровск, 2013. – №68. – С. 441–446.
5. Черноморец Г.Я. О расчете теплообмена между газоздушной смесью в канале строительной конструкции трубчатого нагревателя и отапливаемым пространством/ Г.Я. Черноморец, В.Ф. Иродов// Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. трудов. – Днепропетровск, 2013. – №70. – С. 238–243.
6. Чорноморець Г.Я. Методика експериментальних досліджень системи опалення з трубчастими газовими нагрівачами, розташованими у будівельних конструкціях/ Г.Я. Чорноморець, В.Ф. Іродов// Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. трудов. – Днепропетровск, 2014. – №75. – С. 256–260.
7. Сухомуд Ю.А. Технические решения по применению трубчатых газовых нагревателей в системе подогрева биомассы для получения биогаза/ Ю.А. Сухомуд, В.Ф. Иродов// Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. трудов. – Днепропетровск, 2013. – №70. – С. 215–219.
8. Чорноморець Г.Я. Математичне моделювання трубчастих газових нагрівачів, розташованих у будівельних конструкціях/ Г.Я. Чорноморець, В.Ф. Іродов// Науковий вісник будівництва: Зб. наук. праць. – Харків, 2012. – №68. – С. 395–399.
9. Иродов, В. Ф. Эволюционные алгоритмы поиска оптимальных решений [Текст] / Ф. И. Стратан, В. Ф. Иродов // Методы оптимизации при проектировании систем теплогасоснабжения. – Кишинев, 1984. – С. 16–30.
10. Иродов В.Ф. О построении и сходимости эволюционных алгоритмов самоорганизации и случайного поиска / В.Ф.Иродов // Автоматика. – Киев, 1987. – №4. – С. 34-43.