

УДК (536.2 + 532.5):518.12

ДИНАМИКА ТЕПЛООБМЕНА В КОЛЬЦЕВОЙ СИСТЕМЕ ТРУБ

Дилоян Г.А., магистр, Пятышкин Г.Г., доцент к.т.н.,
Копейко Н.С., студент

*(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк,
Украина)*

В теплоэнергетических агрегатах встречаются конструктивные элементы идентичные по принципу действия. Опускные и подъемные трубы котлов ТЭС, паро-испарительное охлаждение конструктивных элементов металлургического оборудования, системы охлаждения трансформаторов большой мощности, элементы парового и водяного отопления жилых и общественных зданий зачастую имеют замкнутые контуры.

Эти системы нагрева (охлаждения), заполненные теплоносителем, подвержены вынужденной или гравитационной конвекции. Тепло от горячего участка контура переносится в те участки, где осуществлен отвод тепла. Работоспособность такого агрегата будет зависеть от инерционности системы, времени выхода на стационарный режим при смене режима теплообмена.

Исследования поведения описанной системы в нестационарном режиме помогают раскрыть физический смысл и определить величины необходимых параметров при переводе на автоматизированное управление.

Рассмотрим процесс конвективного теплообмена в кольцевом канале – элементе отопления жилых или общественных зданий. Эта система должна компенсировать теплопотери здания, обеспечивая тепловой комфорт помещений.

Вне зависимости от вида конвективного движения (гравитационное, вынужденное), система состоит из:

1. Источника тепла;
2. теплопровода – для переноса теплоты от теплоисточника к отопительным приборам;
3. отопительных приборов – элементов для теплопередачи в помещение.

Простейшая схема такой системы изображена на рисунке 1.

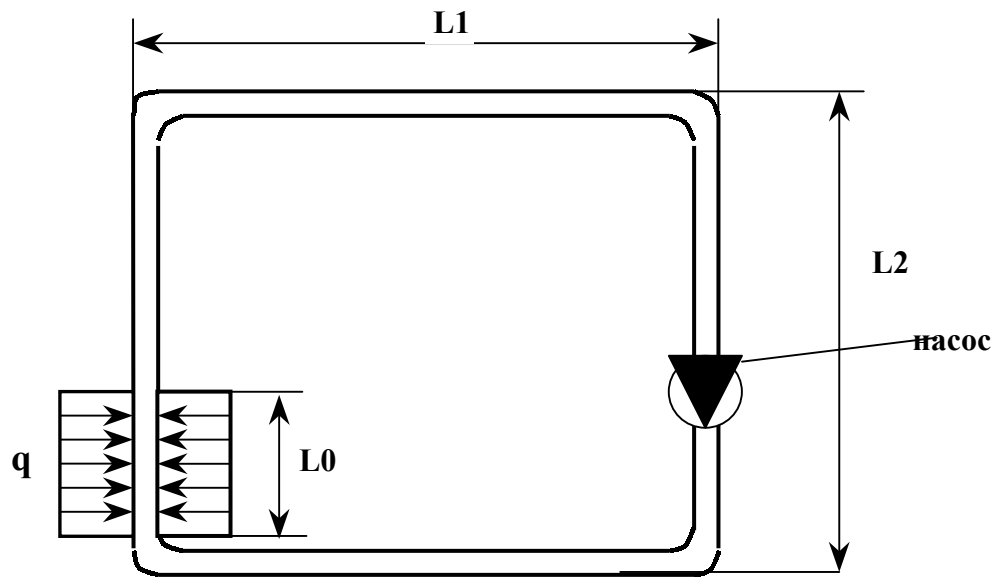


Рисунок 1 – Принципиальная схема кольцевой системы

При вынужденной конвекции, перенос тепла описывается уравнением теплопроводности в подвижных средах:

$$\rho \cdot C_p \left(\frac{\partial t}{\partial \tau} + w_x \cdot \frac{\partial t}{\partial x} \right) = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \cdot \frac{\partial t}{\partial x} \right) + \left(\frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left(r \cdot \lambda \frac{\partial t}{\partial r} \right) \right) \pm q_v \quad (1)$$

При следующих допущениях:

1. Теплофизические свойства теплоносителя постоянны.
2. Движение внутри трубы может быть ламинарным или турбулентным с профилем скорости $\omega = \omega(r)$, отвечающем требованиям условиям «прилипания».
3. В каждом сечении труб профиль скорости сохраняется.
4. Подведенное тепло к трубопроводу на участке L_0 распределяется равномерно по всему элементарному объему теплоносителя.
5. Тепловая нагрузка (отвод тепла) распределена равномерно по оставшемуся периметру кольца.

Решение сформулированной задачи осуществлялось конечно-разностным методом с использованием локально – одномерных схем [1]. В таком случае протекание двухмерного распространения тепла на каждом временном слое представляется как результат последовательной реализации соответствующих одномерных процессов.

Конвективный член в уравнении (1) вносит ряд особенностей в выборе для него разностной аппроксимации. По рекомендациям [2] была использована аппроксимация разностью “против потока”.

Каждое расщепленное по координатам уравнение теплопроводности было дополнено соответствующими граничными условиями, которые на расчетной сетке аппроксимированы с использованием метода конечного объема.

Из-за того, что область исследования представляет замкнутую кольцевую систему, для решения системы алгебраических “сеточных” уравнений был использован циклический вариант прогонки [3].

При счете контрольного варианта получено качественное совпадение результатов расчета с имеющимися экспериментальными данными.

Перечень ссылок

1. Самарский А. А. Теория разностных схем. – М.:Наука, 1977. – 656 с.
2. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости: Пер. с англ. - М.:Энергоатомиздат, 1984. –152 с.
3. Арутюнов В.А., Бухмиров В.В., Крупенников С.А. Математическое моделирование тепловой работы промышленных печей: М “Металлургия” 1990 – 232 с.