

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Кулешов Олег Юрьевич

д-р техн. наук, доцент, профессор

Муслимов Евгений Ильдусович

студент

ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный
технический университет им. Гагарина Ю.А.»

г. Саратов, Саратовская область

МЕТОД И МЕТОДИКА ЧИСЛЕННОГО РАСЧЕТА ДЕТАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛООБМЕНА В ТРУБЧАТЫХ ПЕЧАХ

Аннотация: в данной работе представлен численный метод поэтапного расчета зональных и локальных характеристик радиационного и сложного теплообмена в рамках единого зонального подхода применительно к расчету экранированных топочных камер трубчатых печей.

Ключевые слова: трубчатые печи, сложный теплообмен, моделирование, зональный метод, трубные поверхности теплообмена.

Трубчатые печи широко применяются в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. Преобладающей составляющей сложного теплопереноса в топках этих печей является излучение $\approx 90\%$.

Разработка методов расчета детальных – зональных и локальных характеристик теплообмена в трубчатых печах является весьма актуальной задачей, учитывая: 1) зонный характер теплоподвода к трубным экранам в соответствии с технологическими условиями; 2) высокую теплонапряженность стенки экранных труб; 3) нежелательность локальных перегревов стенки труб из-за возможности ее термического разрушения и коксоотложения на внутренней поверхности, что ведет к аварийным ситуациям и резкому сокращению времени рабочего пробега печи.

Авторами разработан численный метод поэтапного расчета зональных и локальных характеристик сложного теплообмена в топках печей на базе единого зонального методологического подхода [1]. Метод основан на последовательном вычислении среднезональных и локальных обобщенных угловых коэффициентов излучения (ОУК) в многозонной излучающей и поглощающей системе и применении для моделирования излучения численного метода статистических испытаний Монте-Карло.

Зональный метод расчета сложного теплообмена в топках печей [2] основан на разбиении расчетной области на относительно крупные объемные и поверхностные зоны с осредненными параметрами (в соответствии с особенностями топочных процессов) и записи системы нелинейных алгебраических уравнений зональных тепловых балансов, коэффициенты в которых с высокой точностью учитывают эффекты теплопереноса, поскольку они определяются с использованием современных методов анализа соответствующих процессов. Решение системы зональных уравнений дает средние значения температур и тепловых потоков для зон расчетной области.

Для расчета локальных характеристик сложного теплообмена авторами использован единый зональный подход.

В зональной расчетной области дополнительно выделяются элементарные площадки dF_M с центральной точкой M , расположенные на тепловоспринимающей поверхности в пределах поверхностных зон. В соответствии с зональным подходом выражение для локального удельного теплового потока к единичной элементарной площадке $dF_{M \in j}$ с центральной точкой M можно записать в виде:

$$q_M = \sum_{i=1}^N P_{iM} T_i^4 - \varepsilon_j \sigma_0 T_M^4 + \alpha_{iM} (T_i - T_M), \quad (1)$$

где ε_j – степень черноты поверхностной зоны j ; T_M – локальная абсолютная температура тепловоспринимающей поверхности в точке M ; σ_0 – постоянная Стефана-Больцмана; α_{iM} – локальный коэффициент конвективной теплоотдачи к

элементарной площадке dF_M от контактирующей объемной зоны i ; P_{iM} – локальный коэффициенты радиационного обмена, вычисляемые на основе локальных ОУК.

Локальный ОУК $\psi_{iM,k}$ с зоны i расчетной области на элементарную площадку dF_M определяется через местный ОУК $\psi_{Mi,k}$ с элементарной площадки dF_M на зону i расчетной области на основании соотношений взаимности. Местные ОУК $\psi_{Mi,k}$ с элементарной площадки dF_M на все зоны трехмерной расчетной области вычисляются численным методом статистических испытаний.

На базе предложенного общего метода разработана методика расчета профилей распределения локальных удельных тепловых потоков по периметру труб в экранированных топках технологических трубчатых печей. Методика основана на выделении в многозонной расчетной области образов реальных экранных труб в пределах эффективной плоской поверхности нагрева, используемой в среднезональных расчетах. Предложен классификатор типов трубных экранов и система параметров, однозначно определяющих положение и размеры труб в расчетной области. Расчетные точки M , являющиеся центрами элементарных площадок dF_M , располагаются по окружности экранной трубы с определенным шагом по центральному углу в сечении, задаваемом номером трубы и линейной координатой сечения. Методика позволяет рассчитывать как локальные тепловые потоки к экранным трубам при заданной температуре их наружной поверхности, так и локальные температуры стенки труб при заданных ее теплопроводности и характеристиках внутреннего потока.

Список литературы

1. Блох А.Г. Теплообмен излучением / А.Г. Блох, Ю.А. Журавлев, Л.Н. Рыжков. – М: Энергоатомиздат, 1991. – 432 с.
2. Кулешов О.Ю. Методика расчета сопряженного теплообмена в технологических трубчатых печах в рамках зонального подхода / О.Ю. Кулешов, В.М. Седелкин // Известия вузов. Проблемы энергетики. – 2011. – №5–6. – С. 47–54.