

УДК [621+669](075.8)

КОНВЕКТИВНЫЙ ТЕПЛОБМЕН В КОЖУХОТРУБЧАТОМ ТЕПЛОБМЕННИКЕ

Воронова Н.П., к.т.н., доцент,
директор Института интегрированных форм обучения
и мониторинга образования

Борисейко В.В., ст. преподаватель,
каф. «Горные машины»
Белорусский национальный технический университет
г. Минск, Республика Беларусь

Поверхности нагрева элементов в установках для утилизации теплоты горячего паровоздушного потока (80-100 °С при входе в межтрубное пространство) обычно выполняются в виде коридорного или шахматного пучка труб. Рассмотрим кожухотрубчатый теплообменник с коридорным пучком труб [1], предназначенный в основном для систем отопления и горячего водоснабжения. Паровоздушный поток переносит тепло воде, движущейся по пучку труб.

Важной задачей для оптимизации работы теплообменника является определение коэффициента теплопередачи α . В работе кожухотрубчатого теплообменника имеет место поперечное обтекание трубчатого пучка. Коэффициент теплопередачи можно определить с помощью интенсивности теплового потока на основании критерия Нуссельта

$$N_u = \frac{\alpha d}{\lambda},$$

где d – наружный диаметр труб, λ – коэффициент теплопроводности.

Известно [2], что при поперечном обтекании коридорного пучка труб смесью газа с капельной жидкостью, критерий Нуссельта определяется формулой

$$N_u = A \operatorname{Re}^n P_r \left(\frac{P_{rж}}{P_{rст}} \right)^{0,25} \varepsilon_s \varepsilon_\phi \varepsilon_n, \quad (1)$$

где $A=41$, $\operatorname{Re} = \frac{V_{ж} d}{\nu}$ – критерий Рейнольдса, $V_{ж}$ – средняя скорость жидкости, ν – коэффициент кинематической вязкости жидкости;

$n=0,45$; ε_s – коэффициент, учитывающий стесненность пучка, $\varepsilon_s = \left(\frac{s}{d}\right)^{-0,15}$, s – расстояние между трубами; ε_ϕ – поправочный коэффициент; ε_n – коэффициент, учитывающий изменение тепловосприимчивости ($\varepsilon_1 = 0,6, \varepsilon_2 = 0,9, \varepsilon_3 = \dots = 1$). Для кожухотрубчатого теплообменника рассчитано: $Re = 10^3$; $P_r = 0,7$; $\frac{P_{rж}}{P_{rст}} = 0,25$, где $P_r = \frac{\nu}{a}$ – критерий Прандтля ($P_{rж}$ – для жидкости, $P_{rст}$ – для стенки), a – коэффициент температуропроводности.

В качестве характеристической принимается среднемассовая температура жидкости при выборе λ, ν, P_r и температура стенки при выборе $P_{rст}$.

На основании предложенной методики определения коэффициента теплоотдачи для каждой трубы из пучка усредненный коэффициент теплоотдачи можно найти по формуле

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^m \alpha_i F_i}{\sum_{i=1}^m F_i},$$

где α_i вычисляются по формуле (1); m – количество труб; F_i – площадь поверхности теплообмена в i -том ряду.

В случае $F_i = \text{const}$ коэффициент теплоотдачи $\alpha = \frac{\sum_{i=1}^m \alpha_i}{m}$. Расчет для $d=0,6 \text{ м}, m=8, \lambda=0,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}, S=3 d, F_i = \text{const}$ показал $\alpha \approx 30,414 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$

Список литературы

1. Теплообмен и тепловые режимы в промышленных печах/ Ю. И. Розенгарт, Б. Б. Потапов, В. М. Ольшанский, А. В. Бородулин. – Киев; Донецк: Вища шк. Головное изд-во, 1986. – 296 с.
2. Промышленные теплотехнологии: Машиностроительное и металлургическое производство: Учебник, В2ч. Ч.2/ А.П. Несенчук, В. И. Тимошпольский, Н. П. Подберезный и др.; Под общ.ред. А. П. Несенчука, В. И. Тимошпольского. – Мн.: Выш.шк., 1997. – 421 с.