Сугиров Джиенбек Умирзаевич
д-р техн. наук, заведующий кафедрой
Каспийский государственный университет
технологий и инжиниринга им. Ш. Есенова
г. Актау, Республика Казахстан

ТЕПЛООБМЕН В ПУЧКЕ ГЛАДКИХ ТРУБ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НЕСКОЛЬКИХ ВИДОВ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛООБМЕНА

Аннотация: *в статье излагаются результаты экспериментального исследования комплексного влияния нескольких видов интенсификации теплообмена на пучок гладких труб.*

Ключевые слова: *конвективный теплообмен, теплоотдача, аэродинамические сопротивления.*

Искусственное создание высокого уровня турбулентности потока продуктов сгорания позволяет более эффективно использовать энергию турбулизированного потока на нагрев конвективных поверхностей котлоагрегатов, что является одним из основных резервов в снижении удельных расходов топлива на единицу производимого тепла.

С целью изучения комплексного влияния нескольких видов интенсификации теплообмена был исследован трубный пучок со следующими видами одновременной турбулизации набегающего теплового потока:

– за пучком устанавливалась сплошная плоская перегородка, выдвинутая на $\delta = 0{,}3$;

– внутри труб установились спирали с $d/D = 0{,}1$; $S/Д = 0{,}9$.

– три трубы у каждых последних трех рядов пучка были заменены на ∅20, причем внутри замененных труб устанавливали проволочные спирали с показателями $d/Д_1 = 0{,}1$; $S/Д_1 = 0{,}9$.

Трубный пучок имел следующие характеристики (табл. 1).

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

Таблица 1

Геометрическая характеристика пучка

Диаметр труб, мм		Длина, (рабочая)	Z_1	Z_2	$\frac{S_1}{d_{\text{í àð}}}$	$\frac{S_2}{d_{\text{í àð}}}$	Количество, шт. Z трубок	Материал
наружный, $d_{нар}$	внутренний, $d_{вн}$	$l_{тр}$, мм						
12	10	210	4÷5	12	2,0	1,5	54	латунь

Экспериментальная установка представляет собой аэродинамическую трубу прямоугольного сечения, выполненную из авиационной фанеры и древесностружечных плит. Труба присоединена к всасам вентиляторов. Рабочий участок установлен на растоянии 1,5 м от входа в трубу. Подробно экспериментальная установка описывается в [1].

Опытных данные обрабатывались в следующей последовательности. Вначале подсчитывали тепловой баланс:

$$Q_{отд}=Q_{восп} \cdot \eta \quad (1)$$

где $Q_{отд}$ – количество теплоты, отданная горячим воздухом;

$Q_{восп}$ – количество теплоты, воспринятое холодным воздухом;

η – коэффициент, учитывающей потери тепла в окружающую среду от наружных поверхностей нагрева аэродинамической трубы.

$$Q_{отд} = 3600 \cdot M_1 \cdot C_{p1} (t_1-t_2); \text{ ккал/час} \quad (2)$$

$$Q_{восп} = 3600 \cdot M_2 \cdot C_{p2} (t_4-t_3); \text{ ккал/час} \quad (3)$$

C_{p1}; C_{p2} – коэффициенты теплоемкости воздуха в газоходах 1,2 соответственно.

t_1, t_3 – температуры греющего и нагреваемого воздуха до пучка, ^{0}К.

t_2, t_4 – температуры греющего и нагреваемого воздуха после пучка, ^{0}К.

M_1, M_2 – массовые расходы греющего и нагреваемого воздуха, кг/с;

Коэффициент теплопередачи определится по формуле:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\ell}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}; \quad (4)$$

α_1 – коэффициент теплоотдачи от греющего воздуха к наружной поверхности трубок пучка; Вт/м^2 ·К.

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

α_2 – коэффициент теплоотдачи от внутренней поверхности трубок к нагреваемому воздуху; Вт/м^2 ·К.

ℓ – толщина стенки трубы; м.

$$\ell = \frac{d_{\text{нар}} - d_{\text{вн}}}{2}; \quad \text{м} \tag{5}$$

λ – коэффициент теплопроводности материала трубок; Вт/(м^2 ·К).

$$\alpha_1 = \frac{Q_{\text{отд}}}{\left(\frac{t_1 + t_2}{2} - \bar{t}cm\right) \cdot F_3}; \quad \frac{\text{вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \tag{6}$$

$\bar{t}_{\text{ñò}}$ – средняя температура стенок трубок пучка; ^{0}К.

$$\alpha_2 = \frac{Q_{\text{восп}}}{\left(\bar{t}\text{ст} - \frac{t_4 + t_3}{2}\right) \cdot F_4}; \quad \text{вт}/\left(\text{м}^2\text{К}\right) \tag{7}$$

F_4 – суммарная внутренняя площадь поверхности трубок; м^2

$$F_4 = \pi \cdot d_{\text{вн}} \cdot \ell_{\text{тр}} \cdot Z \tag{8}$$

$d_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр трубок; м.

В ходе эксперимента произвели одну серию опытов по изучению влияния данного комплекса интенсификаторов на общий теплообмен и аэродинамику пучка.

В результате эксперимента получены эмпирические зависимости (9):

$$Nu = 0{,}355 \cdot Re^{0{,}6}\ ;\ \xi = 25{,}9 \cdot Re^{-0{,}27} \tag{9}$$

Теплообмен по сравнению со свободным обтеканием (без применения турбулизаторов) улучшился на 21,5%, аэродинамические сопротивления увеличились на 20.3%. Данный опыт показывает, что можно рекомендовать использовать этот метод, а также другие возможные варианты комплексной установки интенсификаторов теплообмена для дальнейшего внедрения в хвостовых поверхностях котельных установок, особенно работающих при пониженных нагрузках, и имеющих запас по тяге.

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

Список литературы

1. Исследование влияния перегородки, установленной за пучком теплообменных труб, на теплообмен и аэродинамику // Изв. АН ТССР, сер. физ. мат. хим. геол. наук. – 1991. – №4. – С. 104–108.

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)