

Библиографический список

1. *Внутренние санитарно-технические устройства. Ч. 1. Отопление / В.Н. Богословский, Б.А. Крупнов, А.Н. Сканава и др.: Под ред. И.Г. Старовойтова и Ю.И. Шиллера. - М.: Стройиздат, 1990. 344с.*
2. *Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. - М.: Энергоиздат, 1982. - 360 с.*
3. *Богословский В.Н., Сканава А.Н. Отопление. - М.: Стройиздат, 1991. - 735 с.*

УДК 536.24

ТЕПЛОУТИЛИЗАТОР НА ТЕПЛОВЫХ ТРУБАХ ПОГРУЖЕННЫХ В ПСЕВДООЖИЖЕННЫЙ СЛОЙ

Эшматов М.М., Файзиев З. Х.

Самаркандский Государственный архитектурно-строительный институт, Узбекистан

Приведены результаты экспериментальных исследований, теплообмена и гидродинамики крупнодисперсного псевдоожигенного слоя, с погруженными пучками продольноорезбренных профилированных труб.

Утилизация тепловых вторичных энергоресурсов до сих пор остаётся актуальной проблемой. В настоящее время имеются огромные запасы выбросных тепловых источников в виде уходящих дымовых газов котельных, компрессорных станций магистральных газопроводов, промышленных и бытовых предприятий, в широком диапазоне температур.

Существующие трубчатые и пластинчатые теплообменники имеют огромный вес и малую ремонтпригодность и эффективность. Вращающиеся теплообменники не устраняют переток теплоносителя.

Широкое распространение получают теплообменники на тепловых трубах (ТТТ), имеющие высокую эффективность и компактность. Использование псевдоожигенного слоя (ПС) в сочетании оребренных тепловых труб (ТТ) позволяет интенсифицировать теплообмен и достичь эффективности теплоутилизатора, равной до 0,7–0,8.

В докладе приведены экспериментальные данные по теплообмену и гидродинамике ПС с погруженными пучками горизонтальных оребренных ТТ. Разработана схема теплоутилизатора на тепловых трубах в сочетании с псевдооживленным слоем. Приведены результаты вариантных расчётов ТТТ в качестве утилизаторов тепла компрессорной станции, котельных агрегатов и т.д. и сравнение их технических характеристик с параметрами существующих в настоящее время аппаратов.

Показано, что при мощности теплоутилизатора на ТТ с ПС $\sim 11 \text{ МВт}$, его вес (с учетом дисперсного материала) составит ~ 40 тонн, в то время как воздухоподогреватели фирмы “GEA AEG Kanis” и “НПО Невский завод” имеют вес 80-90 тонн (нержавеющая сталь). При этом эффективность ТТТ на $\sim 10 - 20 \%$ выше. Коэффициент теплопередачи $\sim 110 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$, что два раза выше аналогичного показателя сравниваемых объектов.

Размещение оребренных поверхностей в ПС, существенно увеличивает эффективность различных устройства с ПС (воздухоподогреватели котлов, парогенераторов, промышленные печи и т.д.). В докладе приведены результаты экспериментальных исследований теплообмена и гидродинамики ПС с погруженными пучками горизонтальных продольно оребренных профилированных (круглых, эллипсных и плоскоовальных) труб. Экспериментальные данные получены путем построения шестифакторного плана эксперимента позволяющих находить оптимальные теплогидравлические ($\alpha_{max, \Delta P_{min}}$) характеристики аппарата.

Получены расчётные соотношения для среднего коэффициента теплоотдачи:

$$\text{Nu}_D^{\text{cp}} = c \text{Re}_D^{x_1} (d/D)^{x_2} (S_T/D)^{x_3} (S_B/D)^{x_4} (h_p/D)^{x_5} (H_O/D_s)^{x_6} \quad (1)$$

$$\text{Re}_D (2300 \div 5400);$$

$$\text{Ar} (3,4 \cdot 10^4 \div 3,6 \cdot 10^6); \quad d/D (0,03 \div 0,13);$$

$$S_T/D (1,5 \div 4); \quad S_B/D (1,5 \div 4); \quad h_p/D (0,15 \div 0,75);$$

$$H_O/D_s (0,54 \div 0,9);$$

где D_s – эквивалентный диаметр поперечного сечения камеры.

h_p – высота ребра.

Опыты по гидродинамике ПС проводились совместно с опытами по теплообмену согласно плана экспериментов.

Таблица 1.

Конфигурация	c	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	Погрешность %
Круглые	27,8	0,17	-0,09	0,21	-0,08	0,0003	0,08	5,8
Эллипсные	52,7	0,1	-0,03	0,196	-0,07	-0,092	0,04	4,9
Плоско-овальные	70,3	0,092	-0,01	0,04	-0,037	-0,05	0,07	6,7

Получены расчетные соотношения для $\Delta P_{п.с}$ и $\varepsilon_{расщ}$.

$$\Delta P_{п.с} = 9,81\rho_T \cdot H_{расщ}(1 - \varepsilon_{расщ})(1 - \beta_{расщ}) \quad (2)$$

$$\varepsilon_{расщ} = \left[1 - (1 - \varepsilon_0) \left(\frac{1 - \beta_0}{1 - \beta_{расщ}} \right) \frac{H_0}{H_{расщ}} \right] \quad (3)$$

где β_0 – отношение суммарного объема труб находящихся в плотном слое, к объему плотного слоя;

$\beta_{расщ}$ – отношение суммарного объема труб, находящихся в ПС, к объему ПС;

H_0 – первоначальная высота слоя;

$H_{расщ}$ – высота ПС.

Показано что, $\Delta P_{п.с}$ не зависит от конфигурации и геометрии пучка труб, погруженных в ПС и определяется в основном весом частиц, приходящихся на единицу площади поперечного сечения. Опытные значения $\Delta P_{п.с}$ описываются зависимостью (2) с мах погрешностью 15-8 %. Сравнение опытно-расчётных значений $\varepsilon_{расщ}$ с расчётными по формулам Гинзбурга - Тодеса, полученными для свободного слоя, показывают их хорошее согласование в широком диапазоне чисел псевдоожижения.

Наиболее существенной особенностью движения дисперсного материала в ПС, имеющие принципиальное значение для теплообмена является образование малоподвижных слоев, ча-

стиц “шапок” на кормовой части труб. Для круглых труб “шапка” занимает значительную часть поверхности теплообмена в то время как у плоскоовальных труб величина значительно меньше. В лобовой части круглых труб образуются зоны с малыми концентрациями частиц, занимающие иногда половину поверхности труб. Для плоскоовальных труб такие зоны наблюдаются реже и занимают незначительную её часть. Эллипсные трубы занимают промежуточное положение по условиям омыwania частицами в ПС.

Результаты исследований могут быть использованы при расчёте топков со сжиганием твёрдого топлива в ПС, а также в различных аппаратах химической промышленности.

В настоящее время считается, что использование погруженных пучков в слое ПС, невыгодно с точки зрения их быстрого износа. Но при этом отсутствуют сведения, экономического сопоставления “за” или “против”.

Опыт изготовления ТТ имеют НПО “Порошок” г.Минск, США, Западно-европейские страны. Фирмой “Фукурава Электрик Компани” изготовлен и испытан теплообменник на ТТ мощностью 11 МВт.

В настоящее время для стран Центральной Азии, актуальной проблемой является промышленный выпуск ТТ и ТС, на базе которых можно изготавливать теплоутилизаторы различных конструкций и назначения.

Библиографический список

- 1. Кудинов А.А., 2001. Энергосбережение в теплогенерирующих установках. –Ульяновск: УлГТУ. – 139 с.*
- 2. Безродный М.К., Пиоро И.Л., Костюк Т.О., 2005. Процессы переноса в двухфазных термосифонных системах. Теория и практика. – 2-е издание, дополненное и переработанное. – К.: Факт. – 704 с.*
- 3. Исаченко В.П. Теплопередача. 1975. Учебник для вузов. Изд. 3-е перераб. И доп. – М.: «Энергия»; – 488 с. с ил.*