

Исследование влияния угла наклона круглорезистой трубы и однорядного пучка на свободно-конвективный теплообмен

Сухоцкий А.Б., Данильчик Е.С.

Белорусский государственный технологический университет

Свободно-конвективный теплообмен при внешнем обтекании тел воздухом в последнее десятилетие XX и начале XXI века получил широкое применение в различных отраслях техники, промышленности, а также в энергетических установках, во многих теплонагруженных электробриборах. Использование режимов свободно-конвективного теплообмена обеспечивает энергосбережение, улучшение охраны окружающей среды и повышает в ряде случаев эксплуатационную надежность энергетических установок [1].

Теоретические методы расчета и описания процессов теплообмена применяются только в простых случаях, для сложных форм теплоотдача должна рассматриваться в трехмерном пространстве, поэтому методы теоретического анализа в этом случае очень трудоемки. По этой причине для расчета естественно-конвективной теплоотдачи ребренных поверхностей используются экспериментальные критериальные зависимости. На экспериментальной установке, разработанной в [2], были проведены исследования свободно-конвективного теплообмена для ребренной трубы с коэффициентом ребрения $\phi = 19,26$ и однорядного пучка из этих труб с шагом 64 мм.

На рис. 1 приведены опытные значения конвективной теплоотдачи *а)* ребристой трубы и *б)* однорядного пучка с шагом 64 мм под различными углами наклона к горизонтальной плоскости γ в виде безразмерных чисел подобия Нуссельта (Nu) и Рэлея (Ra).

Исследования показали, что увеличение угла наклона γ ребренной трубы и однорядного пучка сопровождается монотонным снижением теплоотдачи. Из графиков на рис. 1 очевидно, что теплоотдача ребренной трубы, установленной под углом $\gamma = 15^{\circ}$, практически не отличается от горизонтального ее расположения, а теплоотдача однорядного пучка в этих положениях вовсе совпадает и совсем немного отличается от расположения пучка под углом $\gamma = 30^{\circ}$. При переходе от горизонтального ($\gamma = 0^{\circ}$) в

вертикальное положение ($\gamma = 90^0$) для ребренной трубы теплоотдача снижается в 2,4...2,75 раза в зависимости от числа Ra, а для однорядного пучка – в 2,8...3,3 раза.

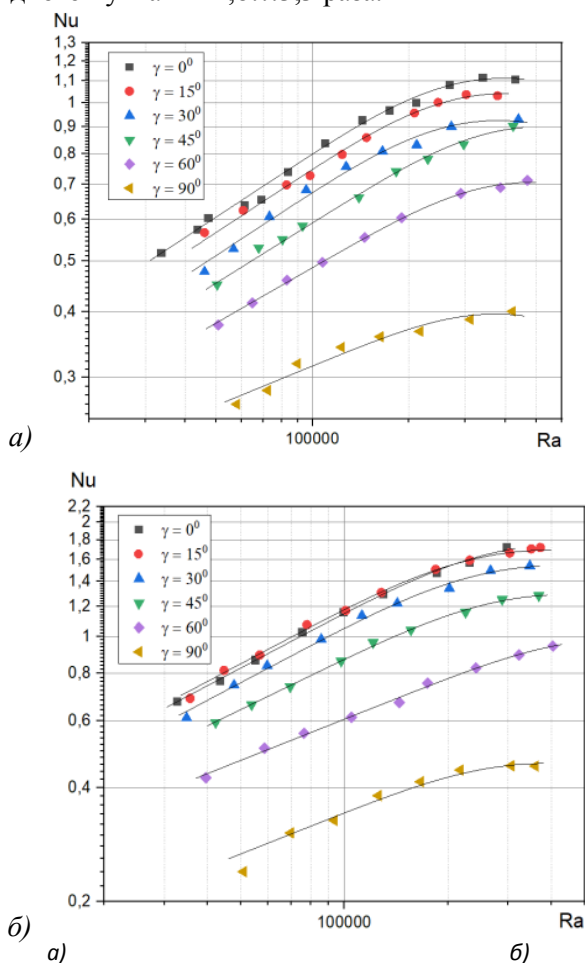


Рис. 1 – Конвективная теплоотдача а) ребренной трубы и б) однорядного ребренного пучка с шагом 64 мм под различными углами наклона к горизонтальной плоскости γ

Результаты экспериментальных исследований (рис.1) для каждого угла наклона аппроксимированы с отклонением опытных данных $\pm 5\%$ степенной зависимостью вида (таблица 1)

$$Nu = A \cdot Ra^n \cdot [1 - \exp(-B/Ra)]$$

Таблица 1

$\gamma, ^\circ$	0	15	30	45	60	90
Оребренная труба						
$A \cdot 10^3$	8	7,5	6,8	7,4	8,6	17,8
n	0,4	0,4	0,4	0,38	0,35	0,25
$B \cdot 10^{-5}$	6,4	6,4	6,2	8,7	8,7	8,7
Однорядный пучок с шагом 64 мм						
$A \cdot 10^3$	4,6	4,7	4,2	5,5	9,6	5,4
n	0,48	0,48	0,48	0,44	0,36	0,36
$B \cdot 10^{-5}$	6,1	5,3	5,5	6,5	11,5	6,8

Литература

1. Кунтыш В.Б., Самородов А.В. Исследование угла наклона круглоребристых труб на свободно-конвективный теплообмен шахматного пучка в неограниченном объеме воздуха // Инженерно-физический журнал, 2010. Том 83, № 2. – С. 338–344.

2. Сидорик Г.С. Экспериментальная установка для исследования свободно-конвективного теплообмена ребристых труб воздухоохлаждаемых теплообменников // Журнал «Политехнический молодежный журнал» МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. – №2. – С. 1–7.