

КОНДЕНСАЦИЯ ПАРА В НАКЛОННОЙ ОХЛАЖДАЕМОЙ ТРУБЕ

Фёдоров В.А., Кондратьев А.В., Птахин А.В., Крылов В.С.

ЗАО «НПП «Турбокон»,
248010, Россия, Калуга, Комсомольская роща, 43

При конденсации водяного пара внутри оребренных труб воздушных конденсаторов паротурбинных установок [1-3], скоростной напор пара на входе в теплообменные трубы

$$\frac{\rho'' \cdot w''_{BX}}{2} \leq 550 \text{ Па},$$

число Рейнольдса по пару

$$\text{Re}'' = \frac{w''_{BX} \cdot d}{\nu''} \leq 12500,$$

по конденсату

$$\text{Re}' = \frac{w' \cdot d}{\nu'} \leq 200,$$

где ν', ν'' – кинематические вязкости конденсата и пара, соответственно; w', w''_{BX} – скорости конденсата при $\chi_2 = 0$ и пара на входе в трубу при $\chi_1 \geq 0$ по отношению к полному сечению трубы, $d = 21$ мм – внутренний диаметр труб, χ_1, χ_2 – расходные массовые паросодержания на входе и выходе из трубы. В [4] предложена физическая модель течения водяного пара внутри трубы, сочетающая одновременное существование перегретого и конденсирующегося пара с $\chi_1 \geq 0.05$ при $\text{Re}' \leq 200$.

Цель работы – исследование влияния неравномерности охлаждения стенки трубы на конденсацию движущегося в трубе пара.

Опыты проводились с двумя рабочими участками: моделью с кольцевым охлаждением и разрезной моделью с полукольцевым охлаждением и теплоизоляцией между охлаждаемой и неохлаждаемой поверхностями труб.

Сечения первой и второй моделей приводятся на рисунке 1.

При увеличении расхода пара, увеличивается толщина ручейка стекающего конденсата, уменьшается площадь проходного сечения для пара, увеличивается коэффициент теплоотдачи от пара к стенке и к конденсату. Следовательно, коэффициент теплопередачи возрастает.

В случае с разрезным макетом, при тех же расходах охлаждающей воды её скорость будет вдвое выше, т.к. проходное сечение по воде вдвое меньше, чем у кольцевого макета. Следовательно, коэффициент теплопередачи, приведенный к охлаждаемой по-

верхности, будет выше, чем у макета с кольцевым охлаждением.

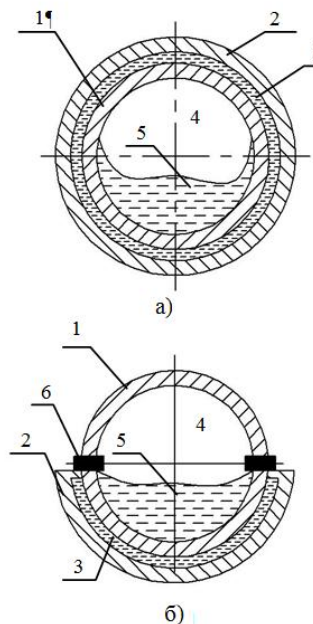


Рис. 1. Поперечные сечения рабочего участка с кольцевым охлаждением (а) и разрезного рабочего участка с полукольцевым охлаждением (б): 1 – паровая труба, 2 – внешняя труба рубашки охлаждения, 3 – охлаждающая вода, 4 – пар, 5 – конденсат, 6 – теплоизоляционная вставка.

Список литературы:

1. В.А. Федоров, О.О. Мильман, П.А. Ананьев, С.Н. Дунаев, Н.В. Колесников, Б.А. Шифрин / Теплогидравлические процессы в воздушных конденсаторах паротурбинных установок // Вестник МЭИ. М.: Изд-во МЭИ. 2012. № 2. С. 5-12.
2. В.А. Федоров, О.О. Мильман, Н.В. Колесников, П.А. Ананьев, С.Н. Дунаев, А.М. Михальков, А.В. Мосин, А.В. Кондратьев / Результаты экспериментальных характеристик воздушных конденсаторов паротурбинных установок // Теплоэнергетика. 2013. № 2. С. 1-7.
3. Milman O.O., Spalding D.B., Fedorov V.A. Steam Condensation in Parallel Channels with Nonuniform Heat Removal in Different Zones of Heat-Exchange Surface // International Journal of Heat and Mass Transfer, 2012. V.55. Iss.21-22. pp.6054-6059.
4. В.А. Фёдоров, О.О. Мильман, Б.А. Шифрин, П.А. Ананьев, С.Н. Дунаев, А.В. Кондратьев, А.В. Птахин. / Результаты экспериментальных исследований теплогидравлических процессов при конденсации перегретого пара внутри наклонной трубы // ТВТ. 2014. Т. 52. №2. С. 1-4.