

В. И. Володин, проф., д-р техн. наук;  
С. О. Филатов, ассист., канд. техн. наук  
(БГТУ, г. Минск)

## **ИЗУЧЕННОСТЬ ТЕПЛООБМЕНА В ИСПАРИТЕЛЯХ АЭРОТЕРМАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ**

В странах Европейского союза, в том числе по климату близкому Беларуси, большим спросом пользуются аэротермальные тепловые насосы. В аэротермальных тепловых насосах испаритель является определяющим теплообменным аппаратом, и его параметры существенно зависят от температуры первичного возобновляемого источника теплоты – атмосферного воздуха.

Для проектирования и анализа работы испарителя требуется знание коэффициентов теплоотдачи, как со стороны воздуха, так кипящего хладагента. В данной работе, с целью выбора расчетных зависимостей, проводится сравнительный анализ данных по теплоотдаче.

Со стороны атмосферного воздуха, как правило, реализуется вынужденная конвекция. Проведено сравнение коэффициентов теплоотдачи, полученных по обобщенным зависимостям ЦКТИ, САФУ(АЛТИ) и КПИ для пучков биметаллических ребристых труб со спиральными круглыми ребрами с коэффициентами оребрения 7,5 и 9,4. Близкие значения по теплоотдаче соответствуют зависимостям ЦКТИ и САФУ с расхождением до 11,2%. Коэффициенты теплоотдачи по зависимости КПИ во всех случаях имеют наименьшие значения.

В последнее время предлагаются аэротермальные тепловые насосы с испарителями со свободной конвекцией со стороны воздуха, в частности Octopus. В качестве поверхности теплообмена используются вертикальные алюминиевые трубы с продольными ребрами. Известны лишь несистематизированные опытные данные В. П. Ельчинова по теплоотдаче со стороны воздуха для таких поверхностей теплообмена с различной ориентацией как вертикальной, так и горизонтальной, которые представлены в графическом виде. Для проектирования требуется более обширная информация по теплообмену в виде расчетной зависимости.

Для расчета теплоотдачи при кипении хладагентов при вынужденном течении в каналах используется один из трех подходов. В первом случае коэффициент теплоотдачи считается пропорциональным плотности теплового потока, массовой скорости и диаметру канала. Общий вид зависимости имеет следующий вид

$$\alpha_R = Cq^k (\rho w)^m d^{-n}. \quad (1)$$

Во втором случае используется корреляция относительно конвективной теплоотдачи однофазного потока жидкости в виде функции параметра Локкарта-Мартинелли  $X$ , чисел Фруда  $Fr$  и кипения  $Bo$ :

$$\frac{\alpha_R}{\alpha_l} = f(X, Fr, Bo). \quad (2)$$

В зависимости от принятой корреляции безразмерные параметры в зависимости (2) могут использоваться в любом сочетании.

Третий подход базируется на гипотезе Розенау о том, что коэффициент теплоотдачи при кипении включает две составляющие, обусловленные макро- и микроконвекцией,

$$\alpha_R = \alpha_{R,mac} + \alpha_{R,mic} \quad (3)$$

На основе вычислительного эксперимента проведен сравнительный анализ расчетных значений коэффициента теплоотдачи при кипении хладагента R22 в горизонтальной трубе с внутренним диаметром 12 мм при температуре кипения  $-30^\circ\text{C}$ . Получено, что коэффициенты теплоотдачи, полученные для постоянных условий на основе зависимостей (1)–(3) разных исследователей согласуются неудовлетворительно. Они отличаются в несколько раз. Наибольшее отклонение соответствует представлению коэффициентов теплоотдачи некоторыми зависимостями в виде (1).

Полученные результаты не позволяют отдать однозначное предпочтение для практического использования при расчете теплоотдачи при кипении хладагентов в горизонтальных трубах как-либо из рассмотренных зависимостей. Об этом также говорят аналогичные исследования, представленные в работах [1–2], где получен меньший разброс данных по теплоотдаче по сравнению с настоящим исследованием. Для окончательного вывода требуется полный расчет испарителя, учитывающий теплоотдачу как со стороны хладагента, так и со стороны источника теплоты – воздуха.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ейдюс А.И., Никишин М.Ю., Кошелев В.Л. Теплоотдача при кипении хладагента в змеевиковых воздухоохладителях // Известия КГТУ. 2013. №29. С. 31–38.
2. Мезенцева Н.Н., Мухин В.А., Мезенцев И.В. Кипение однокомпонентных хладагентов и неazeотропных смесей внутри горизонтальных гладких труб // Современная наука. 2013. № 1 (12). С. 251–254.