

## ОПТИМИЗАЦИЯ ИСПАРИТЕЛЯ АЭРОТЕРМАЛЬНОГО ТЕПЛОВОГО НАСОСА

К настоящему времени разработаны аэротермальные тепловые насосы воздух-вода для систем теплоснабжения с регулированием мощности, что повышает их энергетическую эффективность при низких температурах воздуха [1]. Они могут нагревать воду до  $58^{\circ}\text{C}$  и продолжать работать, даже когда наружная температура воздуха опускается до  $-20^{\circ}\text{C}$ . Если тепловой насос не производит достаточно тепла для отопления дома, блок управления включает встроенный погружной нагреватель или дополнительный источник энергии.

Определяющим теплообменным аппаратом, в аэротермальных тепловых насосах, является воздушный испаритель, который оказывает влияние на параметры системы теплоснабжения при изменении текущих климатических условий. На ранней стадии проектирования таких устройств важно определить их оптимальные параметры.

В настоящей работе принят обобщенный метод оптимизации испарителя, когда целевая функция выражается в виде замкнутой системы уравнений, которая достоверно описывает процессы переноса в аппарате в широком диапазоне изменения параметров. Это позволяет рассмотреть такие вопросы, как влияние на оптимальные параметры функции цели конструктивных (высоты  $h$ , толщины  $\delta$  и шага  $t$  ребер) и режимных (потери давления) факторов с учетом ограничений. В качестве функции цели при оптимизации испарителя используются абсолютные показатели оптимальности: объем, масса и коэффициент теплопередачи, характеризующие компактность, металлоемкость и тепловую эффективность аппарата.

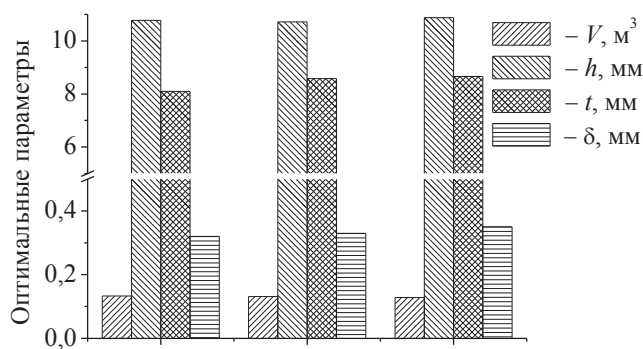
Разработанная методика реализована в виде компьютерной программы в среде Matlab. Для поиска минимума функции цели используется стандартная функция `fmincon(...)`, которая вычисляет оптимальный вектор  $x$ , минимизирующий величину скалярной функции  $f(x)$  многих переменных  $x = (x_1, x_2, \dots, x_N)$  [2]. Данная функция использует метод последовательного квадратичного программирования.

В качестве базовой поверхности теплообмена при проведении вычислительного эксперимента был взят пучок биметаллических ребристых труб, расположенных горизонтально в шахматном порядке по вершинам равностороннего треугольника и объединенных в змеевики гладкотрубными калачами.

В процессе оптимизации испарителя рассматривались влияние

следующих факторов: климатических особенности эксплуатации тепловых насосов; свойств рабочих веществ R22, R134a и R410A; ограничений на потерю давления; начального значения координаты оптимизируемого параметра при поиске экстремума целевой функции; параметров оптимизируемой поверхности теплообмена, несущей ребра.

В частности получено, что для периодов со средней суточной температурой воздуха не выше  $0^{\circ}\text{C}$  и температурой обеспеченностью 0,94 для холодного времени года, оптимальные параметры испарителя из биметаллических ребристых труб при постоянном тепловом потоке, температурном напоре на входе и ограничении на потерю давления не зависят от температуры атмосферного воздуха и могут достигаться при различных сочетаниях конструктивных параметров с отклонением от минимального массогабаритного показателя не более 5%. На рисунке приведены результаты вычислительного анализа для биметаллических ребристых труб с наружным диаметром 15 мм.



**Рисунок – Влияние температуры атмосферного воздуха на оптимальные конструктивные параметры испарителя аэротермального теплового насоса**

Однако при снижении температуры атмосферного воздуха энергетическая эффективность теплового насоса падает. Например, в системе горячего водоснабжения коэффициент преобразования теплового насоса с хладагентом R410A при уменьшении температуры воздуха с  $-10$  до  $-20^{\circ}\text{C}$  изменяется с 2,67 до 2,31.

В качестве биметаллической ребристой поверхности теплообмена испарителя целесообразно использовать трубы с минимальным диаметром для прохода хладагента, учитывая технологические возможности их изготовления.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Воздушные тепловые насосы. – М.: Аква-Терм. – 2012. – 82 с.
2. López, C. P. Matlab optimization techniques. – Springer, 2014. – 292 p.