

УДК 621.577.6:536.24

Маг. А. Е. Костеневич

Науч. рук. докт. техн. наук, профессор В. И. Володин
(кафедра энергосбережения, гидравлики и теплотехники, БГТУ)

ОПТИМИЗАЦИЯ ИСПАРИТЕЛЯ

АЭРОТЕРМАЛЬНОГО ТЕПЛООВОГО НАСОСА

Решается задача определения оптимальных параметров испарителя с ребристой поверхностью теплообмена аэротермального теплового насоса при явных и неявных ограничениях на конструктивные и режимные параметры. Исследование позволило установить область оптимальных значений ключевых факторов, которые можно рекомендовать в качестве предпочтительных параметров при проектировании испарителя.

Поверхность теплообмена испарителя набирается из биметаллических ребристых труб с винтовыми однозаходными ребрами, расположенными горизонтально в шахматном порядке и объединенными в змеевики. Схема течения потоков воздуха со стороны оребрения и хладагента R22 внутри труб – перекрестный ток с противотоком.

Ребристая поверхность теплообмена состоит из внутренней стальной трубы 12×1 мм и наружной алюминиевой трубы $15 \times 1,5$ мм, несущей ребра. В пучке трубы расположены в шахматном порядке, поперечный и диагональный шаги равны двум наружным диаметрам оребренной трубы. Количество труб в испарителе $n=96$, число рядов труб по ходу воздуха $z=8$, число труб в одном ряду $n_1=12$. Тепловой поток оптимизируемого типового испарителя составляет 10 кВт. Искомыми являются длина ребристых труб и параметры оребрения. На вход в испаритель подается хладагент R22 с паросодержанием на входе 0,33. Температура наружного воздуха принята равной -10°C , а температура кипения хладагента -20°C .

В качестве показателей оптимизации (целевой функции) рассматриваются масса и объем испарителя, длина прямых участков труб, которые минимизируются, а также максимум коэффициента теплопередачи. Для решения поставленной задачи оптимизации испарителя выбран метод сеток, который реализован как многомерный поиск экстремума целевой функции совместно с расчетом испарителя в среде MatLab. Оптимизационный расчет испарителя проводится при конструктивных ограничениях на параметры оребрения, $6 \leq h \leq 15$ мм, $0,3 \leq \delta \leq 2$ мм, $3 \leq t \leq 10$ мм, которые влияют на его массогабаритные характеристики. Энергетические затраты на прокачку рабочих сред через испаритель определяются потерями давления, на которые также вводятся ограничения $\Delta p \leq \Delta p_{\max}$. Со стороны хладагента принимается

$\Delta p_{\max} = 50$ кПа, воздуха – 100, 125 и 150 Па.

Численный анализ работы испарителя проводится с использованием разработанного интегрального метода теплогидравлического расчета, в котором теплоотдача со стороны кипящего хладагента определяется по методу Чена и на основе гомогенной модели сопротивления трения [1]. Для расчета теплоотдачи и гидравлического сопротивления со стороны воздуха, и местных сопротивлений со стороны хладагента используются замыкающие зависимости ЦКТИ [2].

Результаты решения задачи оптимизации показали, что во всех случаях оптимизация длины труб и коэффициента теплопередачи дает одинаковые результаты для переменных параметров, что следует из уравнения теплопередачи. При этом высота ребер соответствует верхней границе, а шаг оребрения стремится к нижней границе диапазона и его уменьшение в первом случае сдерживается ограничением потерь давления со стороны воздуха.

Толщина ребер в меньшей степени сказывается на эффективности передачи теплоты, чем два других параметра, однако заметно влияет на потери давления со стороны воздуха и массу поверхности теплообмена, поэтому ее оптимальное значение остается на нижней границе допустимых значений или немного выше. Уменьшение высоты ребер дает возможность уменьшить поперечный шаг труб и за счет этого уменьшить габариты и объем теплообменника.

Минимизация массы теплообменной поверхности испарителя при фиксированном значении толщины ребра, равном 0,3 мм, показала, что минимум массы достигается при шаге оребрения 4 мм и высотах ребер 9 и 10 мм, которые находятся внутри области допустимых значений. В окрестности экстремума изменение массы аппарата незначительно, поэтому при конструировании испарителя допустимы отклонения от оптимальных значений высоты ребер и шага оребрения с учетом технологических ограничений. В тоже время при выходе за пределы указанного диапазона масса испарителя начинает достаточно сильно расти, и значения соответствующих параметров оребрения не являются предпочтительными при проектировании.

Таким образом, оптимальной целевой функции могут соответствовать значения переменных, лежащих как на границах, так и внутри области ограничений на конструктивные параметры.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Теплопередача в двухфазном потоке / Под ред. Д. Баттерворса и Г. Хьюитта. – М.: Энергия, 1980. – 328 с.
- 2 РД 24.035.05-89. Тепловой и гидравлический расчет теплообменного оборудования АЭС. – Л.: НПО ЦКТИ, 1991. – 211 с.