

В. И. Володин, проф., д-р техн. наук;
А. Е. Костеневич, магистрант (БГТУ, г. Минск)

ТЕПЛОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИСПАРИТЕЛЕЙ АЭРОТЕРМАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

Одним из наиболее оптимальных решений, направленных на снижение энергозатрат в системах теплоснабжения и учитывающих экологический аспект, является использование тепловых насосов, получивших широкое распространение в высокотехнологичных странах мира. Наибольшим спросом пользуются тепловые насосы, использующие атмосферный воздух в качестве источника низкопотенциальной теплоты. Такие устройства являются перспективными и для Беларуси.

Объектом исследования является испаритель аэротермального теплового насоса, работа которого влияет на эффективность всей системы трансформации теплоты. Поверхность теплообмена испарителя состоит из биметаллических ребристых труб с винтовыми однозаходными ребрами, расположенных горизонтально в шахматном порядке и объединенных в змеевики. Схема течения потоков воздуха и хладагента – перекрестный ток с противотоком.

Численный анализ работы испарителя проводился с использованием разработанного интегрального метода теплогидравлического расчета. На основе предварительного сравнительного анализа в качестве основных зависимостей для расчета теплоотдачи и сопротивления со стороны воздуха приняты данные ЦКТИ. В результате анализа данных Чена, Кандликера и Института теплофизики СО РАН со стороны хладагента для расчета теплоотдачи принят метод Чена [1], при определении сопротивления трения используется гомогенная модель, а для расчета местных сопротивлений аппроксимация метода ЦКТИ.

Поверхность теплообмена состоит из внутренней стальной трубы 12×1 мм и наружной алюминиевой трубы, несущую ребра, $15 \times 1,5$ мм. Ребра имеют высоту 8,5 мм, толщину – 1,3 мм. Базовая поверхность теплообмена берется с увеличенным шагом ребер $t = 10$ мм и коэффициентом оребрения $\phi = 3,81$ из-за возможного инееобразования в холодное время года. В пучке трубы расположены с поперечным шагом 38 мм и продольным шагом 27,5 мм. Общее количество труб в испарителе 96, число рядов труб по ходу воздуха 8, число труб в одном ряду 12. Режимные параметры работы испарителя: тепловой поток 10 кВт; массовый расход хладагента 0,068 кг/с и температура его кипения -20°C , начальное паросодержание составляло 0,33; тем-

пература воздуха на входе в испаритель принята равной -10°C , скорость воздуха – 3 м/с. В качестве основного брался хладагент R22. В процессе численного анализа определялась длина ребристых труб в пучке. Предельное значение потери давления в испарителе со стороны хладагента составляло 50 кПа.

Определяющее влияние на тепловую эффективность аппарата оказывает теплоотдача со стороны воздуха. Сравнительный анализ показал, что при изменении коэффициента теплоотдачи со стороны хладагента с 2899 до 1131 Вт/(м²·°C), коэффициент теплопередачи изменяется с 354 до 297 Вт/(м²·°C), т. е. уменьшение коэффициента теплоотдачи при кипении в 2,56 раза приводит к снижению коэффициента теплопередачи лишь в 1,19 раз. Такая же тенденция характерна для изменения габаритов испарителя.

Установка системы автоматического оттаивания инея позволяет уменьшить шаг оребрения и получить более компактную конструкцию испарителя. Уменьшение шага ребер с 10 до 3 мм приводит к увеличению коэффициента оребрения с 3,81 до 10,4, приведенного коэффициента теплоотдачи со стороны воздуха с 317 до 968 Вт/(м²·°C), а коэффициента теплопередачи с 297 до 513 Вт/(м²·°C), что позволяет уменьшить габариты испарителя в 1,42 раза.

Энергетические показатели тепловых насосов существенно зависят от термодинамических и теплофизических свойств используемых рабочих веществ, которые непосредственно влияют на эксплуатационные и конструктивные характеристики. Сравнение испарителей с хладагентами – R22, R134a и R410A – показало, что худшие характеристики соответствуют хладагенту R134a с потерей давления 38,8 кПа, температурой хладагента на выходе $-28,8^{\circ}\text{C}$ и наименьшим значением коэффициента преобразования теплового насоса. Данные характеристик испарителя с хладагентом R410A соответственно равны 16,1 кПа и $-21,1^{\circ}\text{C}$ и не уступают испарителю с хладагентом R22 при прочих равных условиях. Хладагент R410A можно рекомендовать в качестве замены для хладагента R22.

Таким образом, определяющим фактором, влияющим на тепловую эффективность испарителя, является интенсивность теплоотдачи со стороны воздуха и рабочее вещество. Параметры испарителя зависят от эксплуатационных режимов, что требует их увязки с работой теплового насоса.

ЛИТЕРАТУРА

1 Теплопередача в двухфазном потоке / Под ред. Д. Баттерворса и Г. Хьюитта. – М.: Энергия, 1980. – 328 с.