

ИНТЕНСИВНЫЕ ТЕПЛООБМЕННЫЕ ПОВЕРХНОСТИ ДЛЯ ИСПАРИТЕЛЕЙ ХОЛОДИЛЬНЫХ И ТЕПЛОНАСОСНЫХ УСТАНОВОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СМЕСЕВЫХ ОЗОНОБЕЗОПАСНЫХ ХЛАДАГЕНТОВ

Е. Н. МАКЕЕВА

Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Республика Беларусь

Испарители являются одним из основных элементов холодильных и теплонасосных установок. Испаритель в тепловых насосах и холодильных установках служит для того, чтобы при низкой температуре отбирать теплоту из окружающей среды или от теплоносителя; при этом хладагент переходит из жидкой фазы в парообразную. В связи со значительным различием коэффициентов теплоотдачи потока газов и жидкостей применяются и различные конструкции испарителей. Специфика работы данных испарителей обуславливает относительно низкую интенсивность теплообмена и, как следствие, неблагоприятные энергетические, массогабаритные и стоимостные показатели испарителей. Интенсивность процесса теплопередачи определяется конструкцией испарителя, видом и компоновкой теплообменной поверхности, свойствами хладагента и хладоносителя, режимными параметрами и условиями эксплуатации. При определении путей совершенствования кожухотрубных испарителей необходим учет всех перечисленных факторов. Улучшение основных показателей испарителей во всех случаях связано с повышением интенсивности теплообмена как со стороны кипящего хладагента, так и со стороны хладоносителя.

Одним из путей интенсификации теплообмена со стороны кипящего хладагента является создание благоприятных поверхностных условий. Состояние поверхности нагрева влияет на условия зарождения, роста и отрыва паровых пузырей, плотность центров парообразования и т. д. Для интенсивного парообразования необходимо создание условий, облегчающих зарождение паровых пузырей, увеличение числа активных центров парообразования, а также обеспечение наибольшей площади поверхности соприкосновения парового пузыря в процессе его роста с теплоотдающей поверхностью. Изменение поверхностных условий может быть достигнуто различными способами: применением оребрения с определенными геометрическими параметрами, нанесением на поверхность различного рода покрытий, структурированием поверхности и др. Изучению влияния типа поверхности на интенсивность теплообмена при кипении смесевых озонобезопасных хладагентов и посвящена данная работа.

В качестве экспериментальных поверхностей были выбраны: гладкая стальная труба диаметром 25 мм; поперечно-оребрённая труба диаметром 50 мм с трапецеидальным профилем ребра; медная труба со спеченным капиллярно-пористым покрытием диаметром 30 мм.

В холодильных и теплонасосных установках получили распространение ребристо-трубные испарители, изготавливаемые из труб, оребренных различными способами. Оребрение труб часто применяют для увеличения наружной теплопередающей поверхности.

При кипении жидкостей на ребристых поверхностях, вследствие термического сопротивления теплопроводности, в ребрах возникают градиенты температуры, величина которых зависит от геометрических размеров ребра, коэффициента теплопроводности материала ребра, теплофизических свойств жидкости и условий охлаждения. Таким образом, применение ребер при отводе теплоты кипящей на них жидкостью приводит к тому, что даже при температурах в основании, соответствующих пленочному режиму кипения, за счет передачи ребром теплоты теплопроводностью и,

как следствие, падения температурного напора по высоте ребра, на поверхности ребра существует развитый пузырьковый и переходный режимы кипения. В сочетании с эффектом развития поверхности теплообмена через основание ребра могут быть переданы тепловые потоки плотностью, в несколько раз превышающей критическую при умеренных температурных напорах.

Наиболее эффективным и надежным способом интенсификации теплообмена при кипении является применение пористых металлических покрытий, при этом пористая структура образуется нанесением на поверхность трубы металлического порошка определенной зернистости. При этом образуется пористый слой с разветвленной системой сообщающихся между собой капиллярных каналов, через которые происходит эвакуация пара и подпитка пористой структуры жидкостью, подтекающей сюда под действием сил поверхностного натяжения. Кипение происходит как внутри пористого покрытия, так и на его поверхности. Высокая интенсивность теплообмена свидетельствует о том, что пористая структура создает весьма благоприятные условия для зарождения и роста паровых пузырей.

На рисунке 1 приведено сравнение интенсивности теплообмена при кипении фреонов R407c, R404a и R410a на различных типах поверхностей. Используются данные при кипении на оребренной поверхности с трапецевидным профилем ребра и пористой поверхности с толщиной 1 мм и средним диаметром частиц 100 мкм.

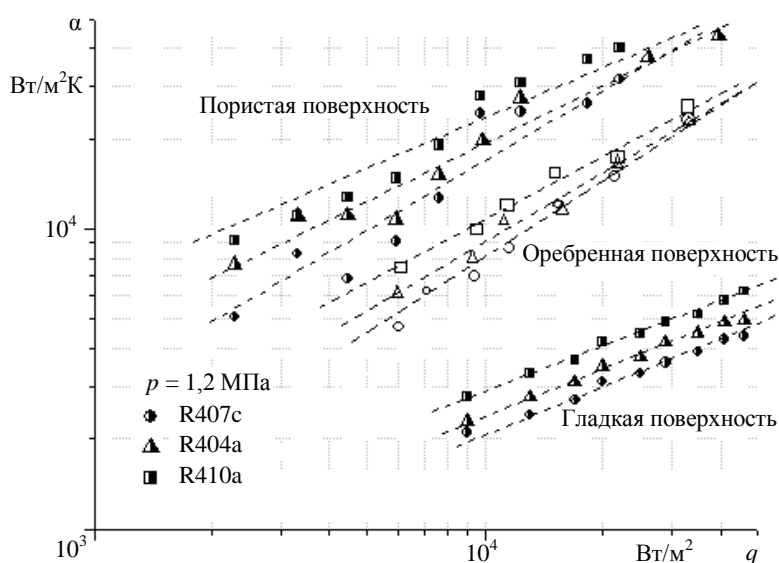


Рисунок 1 – Экспериментальные зависимости $\alpha = f(q)$ для различных типов поверхности

В качестве примера произвели расчет работы теплообменного аппарата по методике для горизонтального кожухотрубного испарителя затопленного типа. Хладагент – R410a (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты расчета показателей работы теплообменного аппарата

Параметр	Поверхность из труб		
	гладких	оребранных	с пористым покрытием
Плотность теплового потока в аппарате	1949	3957	6223
Разность температур кипения и стенки трубы	5,5	4,1	2,5
Площадь внутренней теплопередающей поверхности	31	15,26	9,96
Число труб, размещаемых по диагонали внешнего шестиугольника	19	13	11
Диаметр кожуха	0,48	0,51	0,36
Число ходов в аппарате	6	4	2
Общее число труб в аппарате	192	96	64
Площадь теплопередающей поверхности	31	15,48	10,36
Гидравлическое сопротивление	7717	4112	2632

Результаты расчета показали, что наиболее эффективными являются испарители для охлаждения жидкостей с теплопередающей поверхностью с пористым покрытием.