

ТЕПЛООБМЕН ПРИ КИПЕНИИ ОЗОНОБЕЗОПАСНОГО ХЛАДАГЕНТА R134A В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР КИПЕНИЯ

Е. Н. Волкова, В. Г. Якимченко

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель А. В. Овсянник

Цели работы:

- экспериментальное исследование процесса теплообмена при парообразовании озонобезопасного хладагента R134a в условиях повышенных температур кипения;
- получение зависимостей коэффициента теплоотдачи от плотности теплового потока при кипении фреона-134a при давлениях насыщения $p_n = 0,4 \div 0,7$ МПа ($t_n = 13,6 \div 30$ °С) на гладкой поверхности;
- согласование полученных опытных данных с результатами опытов, полученных Вебом на гладких горизонтальных трубах.

Повышенные температуры кипения характерны для испарителей теплонасосных установок, работающих при температурах низкопотенциального источника 20–30 °С.

Для исследований теплообмена при кипении озонобезопасного хладагента R134a использовался специальный экспериментальный стенд, схема которого приведена на слайде. На данном этапе работы была проведена модернизация экспериментального стенда для исследования процесса кипения озонобезопасных хладагентов в испарителях теплообменных аппаратов. Проведены следующие работы: для повышения точности и снижения погрешности измерений заменен электронно-вычислительный комплекс, упрощена схема развязки термопар, удален электроподогреватель охлаждающей жидкости, для улучшения контроля параметров насыщения к рабочей камере присоединен двухконтурный конденсатор взамен одноконтурного выносного.

К рабочей камере стенда (рис. 1) сверху по центру присоединен теплообменник-конденсатор, представляющий собой цилиндр диаметром 107 мм и длиной 285 мм. В торцевой стенке конденсатора предусмотрена возможность установки стекла с крышкой для визуального наблюдения за процессами конденсации. Ось конденсатора расположена вертикально. Наблюдения за процессами парообразования произ-

водятся через боковое и торцевое смотровые окна. Рабочая камера полностью заполняется рабочей жидкостью вплоть до внутренней линии разъема с теплообменником-конденсатором. Это обеспечивает независимость интенсивности теплообмена при кипении относительно высоты столба жидкости над поверхностью нагрева. Высота этого столба варьируется в зависимости от габаритных размеров образцов в пределах $25 \div 50$ мм.

Рабочая испарительная камера 1 не подвергалась изменению и представляет собой цилиндр, закрытый фланцами 6 и 4. Фланцы 4 и 9 имеют стеклянные иллюминаторы для подсветки фонарем и визуального наблюдения за процессами кипения на поверхности образца. На фланце 6 смонтирован разъем 8 для подвода термопар. Через осевой канал фланца 6 внутрь рабочего образца устанавливается электрический нагреватель. Водяной теплообменник-конденсатор 2 выполнен в виде цилиндрической емкости, в которой установлены два змеевика, смонтирован вертикально и по середине относительно испарительной камеры и служит для поддержания стационарных условий проведения эксперимента. На фланце конденсатора располагаются по две пары трубок для подвода и отвода охлаждающей жидкости. Исследуемая рабочая жидкость находится в баллоне 3, фиксируемом вертикально на левой стойке стенда. На рабочей камере установлены манометр 10, вентили 11, используемые для подачи (вывода) в камеру углекислоты при проверке на герметичность или замене образца, ввода (вывода) рабочей жидкости и присоединения вакуумного насоса.

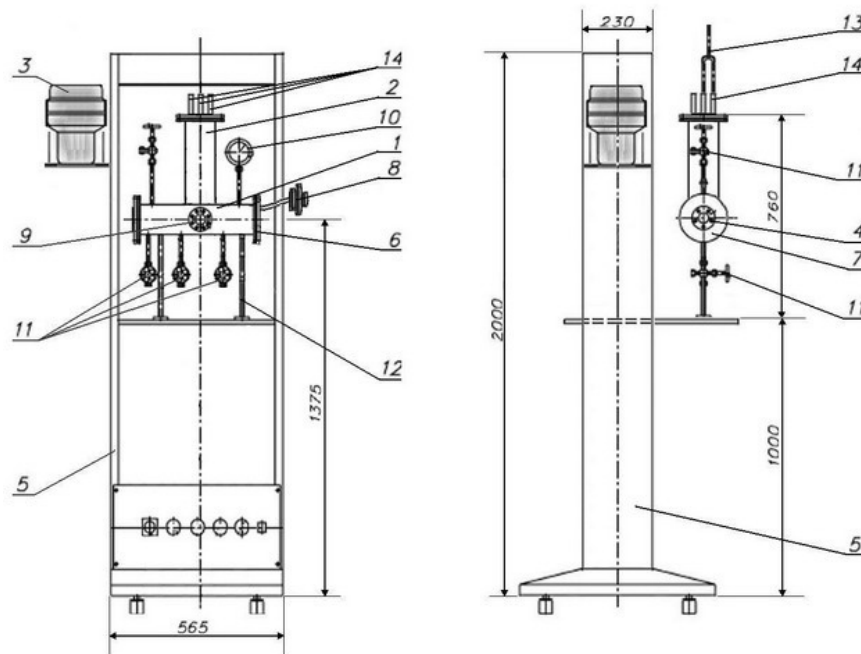


Рис. 1. Схема экспериментального стенда для исследования процессов парообразования в испарителях:
 1 – рабочая камера; 2 – конденсатор; 3 – баллон с рабочей жидкостью;
 4, 9 – иллюминатор; 5 – стойка; 6, 7 – фланцы; 8 – вывод термопар;
 10 – манометр; 11 – вентиль; 12 – опора рабочей камеры;
 13, 14 – вход и выход охлаждающей жидкости

Для визуального наблюдения процесса кипения предусмотрены два смотровых иллюминатора диаметром 50 мм.

Измерительная система работала в циклическом режиме опроса термодатчиков (скорость опроса 10 измерений в секунду) через определенный промежуток времени. После достижения установившегося режима теплообмена, определяемого по выводимым данным на дисплей ПЭВМ, производилась регистрация показаний термодатчиков.

Затем изменялась величина подводимой тепловой нагрузки, и процедура повторялась до следующей экспериментальной точки.

Измерительная система представляет собой комплекс, состоящий из измерителя-регулятора «Сосна-002» фирмы ЭНЕРГОПРИБОР и компьютера.

Экспериментальные исследования по теплоотдаче при кипении фреона-134а проводились на горизонтальной гладкой трубе из дюралюминия (при давлениях насыщения $p_n = 0,4 \div 0,7$ МПа ($t_n = 13,6 \div 30$ °С)). Для измерения температурного напора на поверхности экспериментального образца зачеканены хромель-копелевые дифференциальные термодатчики. Контроль давления насыщения осуществлялся с помощью мановакуумметра МВПЗА-УУ2 с точностью $\pm 0,20 \cdot 10^3$ Па. Тепловой поток, отнесенный к основной поверхности, ($q = 7 \div 53$ кВт/м²) подводился к образцам электрическим нагревателем, установленным в цилиндрической полости образца

Опытные данные были обработаны с помощью программы ORIGIN 6.1.

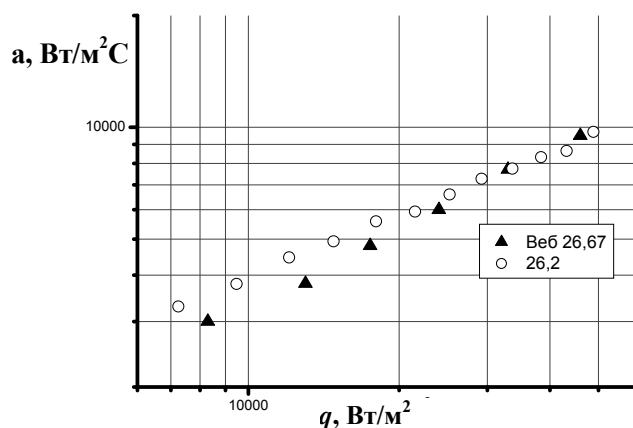


Рис. 2. Зависимость коэффициента теплоотдачи от плотности теплового потока при кипении фреона-134а в условиях повышенных температур кипения

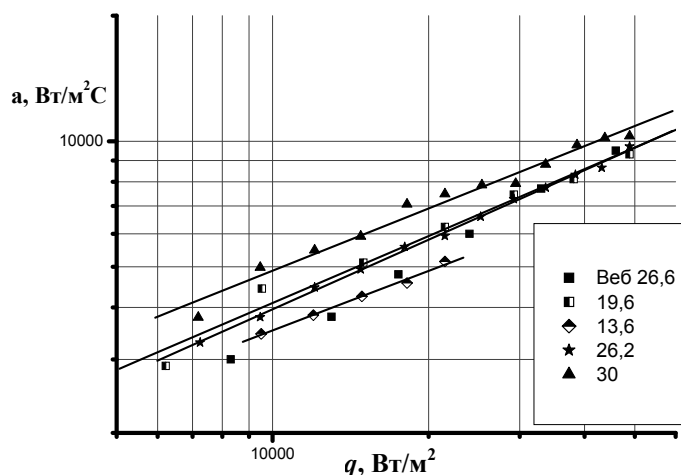


Рис. 3. Зависимости коэффициента теплоотдачи от плотности теплового потока при кипении фреона-134а при давлениях насыщения $p_n = 0,4 \div 0,7$ МПа

Заключение. Для того, чтобы удостовериться в надежности полученных опытных данных, на экспериментальной установке были выполнены контрольные опыты. Были построены графические зависимости коэффициента теплоотдачи от плотности теплового потока при кипении фреона-134а при давлениях насыщения $p_n = 0,4 \div 0,7$ МПа ($t_n = 13,6 \div 30$ °С) на гладкой поверхности. Как видно из графиков, опытные данные настоящего исследования удовлетворительно согласуются с результатами опытов, полученных Вебом на гладких горизонтальных трубах, что позволяет в дальнейшем использовать модернизированную установку для исследования теплообмена при кипении озонобезопасных хладагентов с погрешностью, не превышающей 20 %.