

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ДВУХФАЗНОГО ТЕПЛОПЕРЕДАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

К. А. Светличный, С. М. Страковский, М. В. Толконица

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

Научный руководитель А. В. Шаповалов

В последнее время сохраняется тенденция к оптимизации массогабаритных характеристик теплообменного оборудования и повышения эффективности различных теплоиспользующих установок энергетики и промышленности. Применение устройств, работающих по замкнутому циклу с использованием двухфазного теплоносителя, позволяет решить данную задачу. Такие устройства [1], [2] получают распространение благодаря определенным преимуществам, таким как автономность работы, отсутствие насосов для перекачки теплоносителя, высокая интенсивность рабочих процессов.

Целью данной работы является разработка методики проведения исследования работы двухфазных теплопередающих устройств.

Для исследования процессов, протекающих в полости термосифона, на кафедре «Промышленная теплоэнергетика и экология» Учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого» создан экспериментальный стенд, представленный на рис. 1. Подробное описание стенда представлено в работе [3].

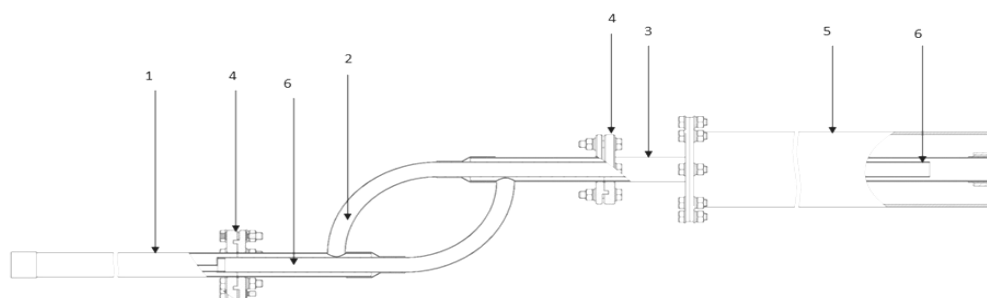


Рис. 1. Пародинамический термосифон:
 1 – нагреватель; 2 – транспортная зона; 3 – конденсатор;
 4 – фланец; 5 – кожух охлаждения; 6 – внутренние трубки

При модернизации стенда рабочий участок был переработан для получения возможности демонтажа переходной зоны термосифона и внутренних циркуляционных вставок в испарителе и конденсаторе.

Для регистрации температуры насыщения и давления внутри устройства был подобран и установлен манометр. Манометр подбирался для обеспечения диапазона измерения давления при работе термосифона с различными теплоносителями и при температурах, превышающих 100 °С.

В конструкцию термосифона, в торец трубы конденсатора, был добавлен дополнительный штуцер для облегчения заправки и стравливания неконденсирующихся газов из внутренней полости устройства.

На рис. 2 представлена классическая конструкция термосифона, собранная из компонентов пародинамического термосифона. Зона испарения и конденсации выполнены из медной трубы внешним диаметром 35 мм и толщиной стенки 1,5 мм. Соединение зоны испарителя и зоны конденсации производится в транспортной зоне с помощью фланцев. В торце зоны конденсации находится штуцер, с помощью которого заправляется термосифон и удаляются неконденсирующиеся газы, которые препятствуют качественной работе устройства.

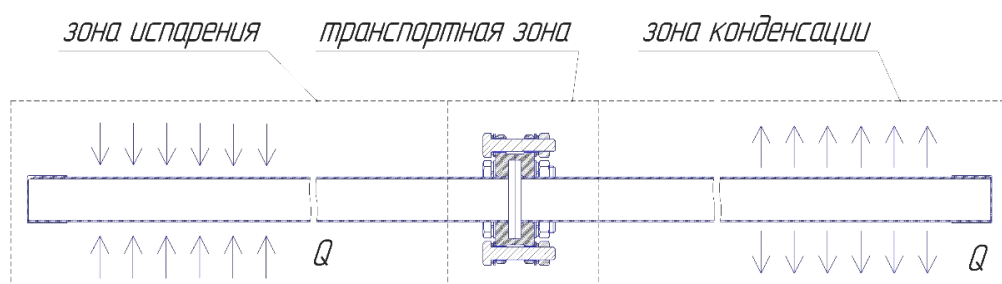


Рис. 2. Классический термосифон

На рис. 3 и 4 показано возможное размещение термосифона на экспериментальном стенде относительно горизонтального положения.

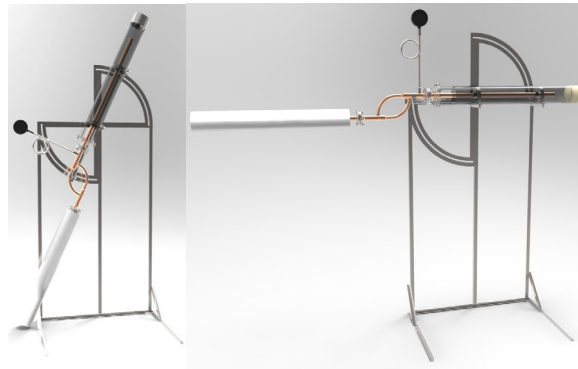


Рис. 3. Размещение на стенде пародинамического термосифона



Рис. 4. Размещение на стенде классического термосифона

Для регистрации давления и температуры насыщения применялся манометр МП100МС5-1-1,6 МПа с классом точности 1,5. Для предотвращения влияния высоких температур на измерительные элементы манометра перед ним установлена термосифонная трубка.

Методика проведения опытов заключалась в ступенчатом увеличении подводимого теплового потока к испарителю термосифона с определенным интервалом между приращениями тепловой нагрузки для стабилизации изменяющихся параметров. Охлаждение зоны конденсации производилось вентилятором в кожухе кольцевого канала при переменном расходе воздуха. Кипение в испарителе пародинамического термосифона происходило в щелевом кольцевом канале между трубами $35 \times 1,5$ и $26 \times 1,5$, в классическом термосифоне – в трубах испарителя и конденсатора.

Была проведена серия экспериментальных исследований работы термосифона без внутренних циркуляционных вставок и пародинамического термосифона с кольцевыми мини-каналами в испарителе и конденсаторе и вынесенной переходной зоной при изменении различных параметров. В процессе экспериментов изменялись подводимая к термосифону тепловая нагрузка, степень заправки устройства теплоносителем и положение термосифона в пространстве. В качестве теплоносителей были выбраны дистиллированная вода, этиловый спирт и озонобезопасный хладагент R134a.

Условия проводимых экспериментов: объем заправляемой рабочей жидкости (воды и этилового спирта) – 250 мл (1/4 объема испарителя), 500 мл (1/2 объема испарителя), 750 мл (3/4 объема испарителя); угол наклона термосифона относительно

горизонтальной плоскости – 0° ; 30° ; 40° ; подводимая тепловая нагрузка к испарителю: от 148,5 до 490,5 Вт (от 1642 до 5423 Вт/м²); эксперименты с фреоном R134a – от 21,5 до 238 Вт (238,9–2643,3 Вт/м²).

На основании анализа полученных экспериментальных данных температура стенки при угле наклона термосифона к горизонту 0° меньше, чем при других углах наклона. Наиболее наглядно это видно при уровне заправки 250 мл. Можно предположить, что при горизонтальном положении устройства область испарения омывается по всей длине более равномерно и нет сильных перегревов стенки на отдельных участках испарителя термосифона. При объемах заправки термосифона 500 и 750 мл это мало заметно, так как при изменении углов жидкость занимает более половины объема испарителя и не дает перегреваться стенке испарителя.

При проведении экспериментов было установлено, что влияние угла наклона термосифона относительно горизонтальной плоскости на его работу проявляется только при заправке устройства водой (объем 500 мл) в интервале подводимых тепловых нагрузок до 350 Вт. При увеличении угла наклона установлено незначительное увеличение интенсивности теплообмена как в зоне испарения, так и в зоне конденсации.

Литература

1. Контурный термосифон 11256 U / В. В. Мазюк, П. С. Анчевский ; опубл. 17.06.2016.
2. Двухфазный термосифон RU 2629646 C1 / Г. В. Кузнецов, К. О. Пономарев, Д. В. Феоктистов, Е. Г. Орлова ; опубл. 30.08.2017.
3. Исследования работы эффективных теплопередающих термосифонных систем : отчет о НИР (заключ.) / ГГТУ им. П. О. Сухого ; рук. темы А. В. Шаповалов. – М., 2018. – 168 с. – № ГР 20162285.