

ТЕПЛОПЕРЕДАЮЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МИНИАТЮРНЫХ ДВУХФАЗНЫХ ТЕРМОСИФОНОВ

Д. т. н. В. Ю. Кравец, к. т. н. В. И. Коньшин, Д. И. Гуров, А. С. Мартиненко

Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»
Украина, г. Киев
kravetz_kpi@ukr.net

Приводятся экспериментальные данные теплопередающих характеристик миниатюрных двухфазных термосифонов с внутренним диаметром 3, 5 и 9 мм, длиной 700 мм, заправленных водой. Показано влияние внутреннего диаметра термосифонов на минимальное термическое сопротивление и максимальный тепловой поток.

Ключевые слова: термосифон, термическое сопротивление, тепловой поток.

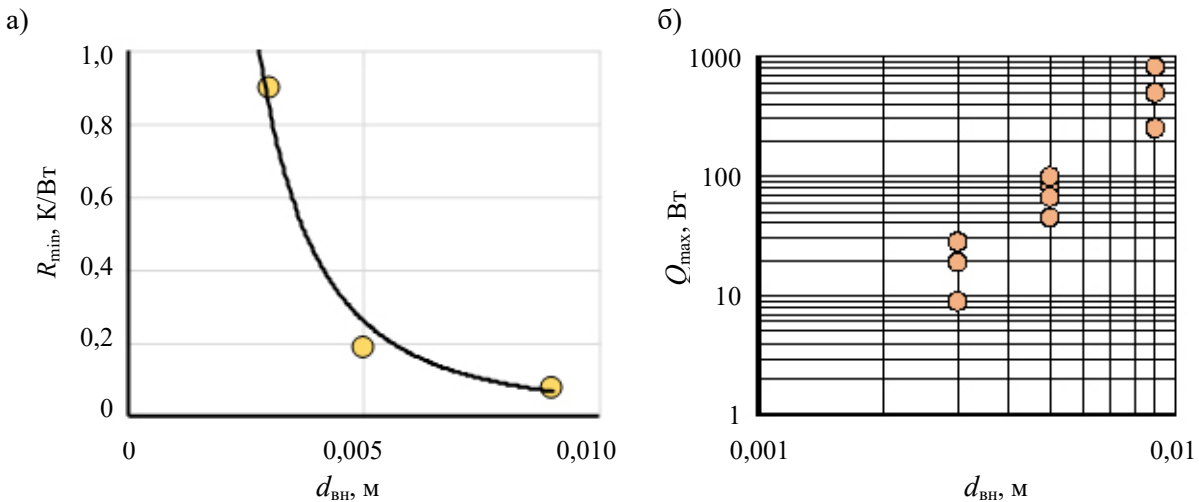
Бурное развитие микроэлектроники при повышении функциональных возможностей приводят к ситуации, когда температурный режим работы отдельных элементов может превышать предельно допустимый. При этом плотность тепловых потоков на поверхностях микроприборов может достигать величин, которые не удастся отвести простым способом (воздушный конвективный теплообмен). Применение наиболее эффективных методов отвода теплоты от миниатюрных устройств, таких как организация на их поверхностях пузырькового кипения, может значительно снизить температуру приборов и повысить их работоспособность. Однако такое решение приводит к существенному усложнению конструкций систем охлаждения, что не всегда приемлемо. Одним из возможных решений этой проблемы является применение миниатюрных тепловых труб или термосифонов. Это устройства, которые позволяют эффективно передавать тепловой поток на некоторое расстояние. При этом они являются своеобразными трансформаторами тепловых потоков, воспринимающими тепловой поток от источника с большой плотностью (зона нагрева) и передают его в зону конденсации с малой плотностью. В отличие от тепловых труб, которые могут передавать теплоту при любой ориентации в пространстве, термосифоны работоспособны только при расположении зоны подвода теплоты ниже зоны конденсации. При этом, однако, термосифоны просты в изготовлении и обладают достаточно высокими теплопередающими характеристиками [1]. Сложность процессов, происходящих при передаче теплоты внутри термосифонов (кипение, конденсация, перемещение пара и жидкости), а особенно в миниатюрных термосифонах (влияние стесненных условий), не позволяет однозначно определить влияние различных факторов на их основные теплопередающие характеристики.

Основными теплопередающими характеристиками термосифонов являются минимальное термическое сопротивление R_{\min} и максимальный тепловой поток Q_{\max} . По сравнению с «условно большими», у миниатюрных термосифонов размеры парового пространства $d_{\text{пп}}$ соизмеримы с капиллярной постоянной l_k теплоносителя. Поэтому при рассмотрении внутренних процессов передачи теплоты в миниатюрных термосифонах помимо основных факторов следует учитывать также и капиллярные силы, которые могут влиять на R_{\min} и Q_{\max} . Помимо этого, при числах Бонда ($Bo = d_{\text{пп}}/l_k$) меньше 4 [1] в таких устройствах наблюдаются пульсационные явления, характеризующие снарядный режим течения парожидкостной смеси из зоны нагрева в зону конденсации [2]. В зависимости от ряда факторов (угла наклона, количества и вида теплоносителя, длин зон нагрева и конденсации, теплового потока и температуры насыщения) размеры пробок конденсата будут различны. В свою очередь это будет влиять на величины термического сопротивления R и максимального теплового потока Q_{\max} .

Данное исследование посвящено изучению влияния размеров внутреннего диаметра $d_{\text{вн}}$ термосифонов на R_{\min} и Q_{\max} . Исследованы медные термосифоны с внутренним диаметром 3, 5 и 9 мм, длиной 700 мм, длина зоны конденсации 0,21 м, зоны нагрева 0,2 м. В качестве теплоносителя использовалась вода. Зона конденсации омывалась водой с температурой 20°C и расходом от $4,9 \cdot 10^{-3}$ кг/с. Ис-

следования проводились при вертикальном расположении термосифонов. Температура по всей длине термосифонов измерялась с помощью медь-константановых термопар, которые были припаяны к внешней стенке термосифонов. Сигнал от термопар подавался на аналогово-цифровой преобразователь и далее на персональный компьютер. Система опроса показаний термопар позволяла фиксировать температуру в реальном времени с частотой 1 Гц. Экспериментальная установка и методика проведения исследования приведены в [3].

Исследования показали, что R_{\min} и Q_{\max} достаточно сильно зависят от внутреннего диаметра термосифона (см. рисунок).



Зависимость минимального сопротивления (а) и максимального теплового потока (б) от внутреннего диаметра термосифона (вертикальное расположение)

С уменьшением $d_{\text{вн}}$ термическое сопротивление возрастает. Это связано с тем, что капиллярные силы препятствуют движению парожидкостной смеси, что приводит к возникновению жидкостной пробки и к блокированию зоны конденсации. По этой же причине снижаются и максимальные тепловые потоки. Минимальное термическое сопротивление R_{\min} пропорционально $d_{\text{вн}}^{-2,2}$. С увеличением $d_{\text{вн}}$ максимальный тепловой поток Q_{\max} растет пропорционально $d_{\text{вн}}^3$.

Таким образом, в диапазоне исследованных значений внутреннего диаметра термосифонов получены результаты, которые показывают существенное влияние $d_{\text{вн}}$ как на минимальное термическое сопротивление, так и на максимальный тепловой поток. Уменьшение внутреннего диаметра термосифонов снижает теплопередающие характеристики термосифонов. Дальнейшие исследования необходимо проводить в направлении поиска способов увеличения передаваемых тепловых потоков термосифонов при снижении их габаритных характеристик.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Безродный, М. К., Пиоро И. Л., Костюк Т. О. *Процессы переноса в двухфазных термосифонных системах. Теория и практика*. Киев, Факт, 2005, 704 с.
2. Кравец В.Ю., Письменный Е.Н., Коньшин В.И. Пульсационные явления в закрытых двухфазных термосифонах. *Збірник наук. праць СНУЯЕ та П, Севастополь*, 2009, вип. 4(32), с. 39–46.
3. Кравец В.Ю., Чернобай В.А., Готовцева А.К. Теплопередающие характеристики двухфазных термосифонов. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*, 2012, вып. 2/8(56), с. 61–64.

V. Yu. Kravets, V. I. Konshyn, D. I. Hurov, A. S. Martinenko

Heat transfer characteristics of miniature two-phase thermosyphons

The paper presents experimental data on the heat transfer characteristics of miniature two-phase thermosyphons with an inner diameter of 3mm, 5mm, 9mm and a length of 700mm filled with water. The influence of the inner diameter of thermosyphons on the minimum thermal resistance and maximum heat flux is shown

Key words: thermosyphon, thermal resistance, heat flux.