

УДК 536.24

ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ НА ТЕПЛОПЕРЕДАЮЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МИНИАТЮРНЫХ ТЕРМОСИФОНОВ

К. т. н. В. Ю. Кравец, д. т. н. Е. Н. Письменный, к. т. н. В. И. Коньшин

НТУУ «Киевский политехнический институт»

Украина, г. Киев

Kravetz_kpi@ukr.net

Приведены экспериментальные данные по коэффициентам теплоотдачи в зонах испарения и конденсации двухфазных термосифонов с внутренним диаметром 5 мм и длиной 700 мм. В качестве теплоносителей использовались вода, метанол, фреон-113. Показано влияние теплофизических свойств теплоносителей на теплопередающие характеристики термосифонов.

Ключевые слова: термосифон, коэффициент теплоотдачи, зона испарения, зона конденсации.

Современные тенденции снижения массогабаритных характеристик приборного оборудования при повышении их функциональных возможностей приводят к значительному энергопотреблению элементов приборов, что в некоторых случаях может значительно превысить их безопасный температурный режим работы. Это требует разработки новых эффективных систем обеспечения заданных температурных режимов элементов оборудования, которые выделяют значительные тепловые потоки. Особенно это актуально в связи с бурным развитием радиоэлектроники, вычислительной техники и других отраслей промышленности, в которых необходимо эффективно отводить тепловые нагрузки большой плотности. Для этих целей широко применяются автономные теплопередающие устройства, использующие для передачи теплоты испарительно-конденсационный цикл (процесс кипения и конденсации). В настоящее время такими наиболее перспективными элементами для отвода тепловой энергии являются тепловые трубы и термосифоны [1, 2]. Каждое из этих устройств имеет свои преимущества и недостатки. По сравнению с тепловыми трубами термосифоны просты в изготовлении и обладают достаточно высокими теплопередающими характеристиками. Эквивалентная теплопроводность термосифонов $\lambda_{\text{экв}}$ в зависимости от габаритов и вида теплоносителя может превышать 100000 Вт/(м·К). Однако сложность процессов, происходящих при передаче теплоты внутри термосифонов (кипение, конденсация, перемещение пара и жидкости), а особенно в миниатюрных термосифонах (влияние стесненных условий) не позволяет аналитически решить задачу определения их основных теплопередающих характеристик.

Настоящее исследование посвящено изучению влияния свойств теплоносителей на интенсивность теплоотдачи в зонах нагрева и конденсации медных термосифонов с внутренним диаметром $d_{\text{вн}}=5\cdot 10^{-3}$ м и длиной 0,7 м. Длина зоны конденсации была 0,21 м, а зоны нагрева 0,2 м. В качестве теплоносителя использовались вода, метанол и фреон-113. Коэффициент заполнения K_z , равный отношению объема, занимаемого теплоносителем $V_{\text{ж}}$, к объему всей зоны нагрева $V_{\text{зн}}$, составлял $0,48\pm 0,03$. Зона конденсации омывалась водой с температурой $20\pm 0,5^\circ\text{C}$ и постоянным расходом $(4,9\pm 0,2)\cdot 10^{-3}$ кг/с. Исследования 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].

К основным теплопередающим характеристикам испарительно-конденсационных систем (тепловые трубы, термосифоны) относятся минимальное термическое сопротивление R_{min} и максимальный передаваемый тепловой поток Q_{max} . В зависимости от рода теплоносителя эти величины будут иметь различные значения. Так, на рис. 1 показано влияние вида теплоносителя на термическое сопротивление R термосифонов в зависимости от передаваемого теплового потока. Как видно, Q_{max} для фреона-113 намного меньше, чем для воды и метанола. Это связано, прежде всего, с теплофизиче-

скими свойствами теплоносителей, основной характеристикой которых является теплота парообразования r . У воды r больше, чем у фреона-113 примерно в 15 раз, и примерно в 2 раза больше, чем у метанола. Влияние остальных свойств теплоносителей также присутствует, но не в такой мере.

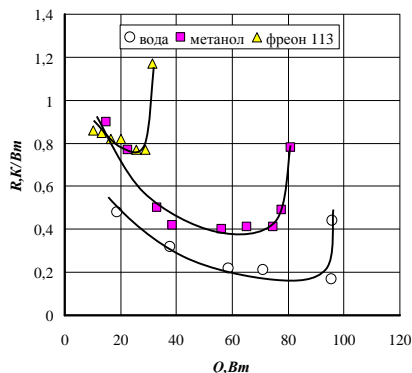


Рис. 1. Зависимость термического сопротивления R от передаваемого теплового потока Q

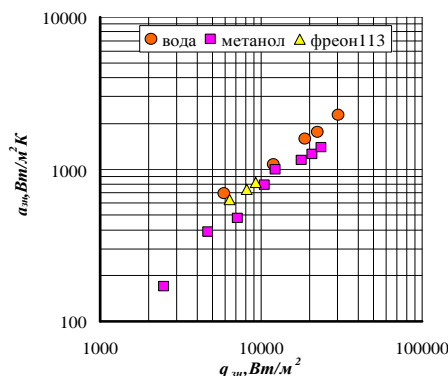


Рис. 2. Интенсивность теплоотдачи в зоне нагрева миниатюрных термосифонов для различных теплоносителей

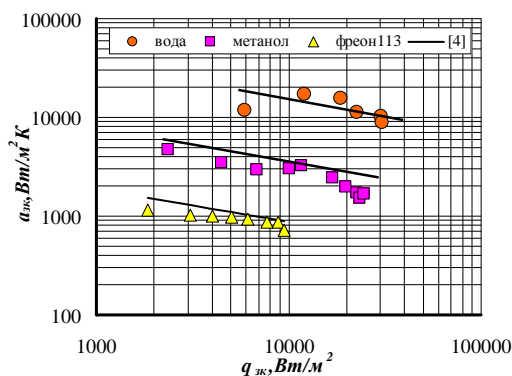


Рис. 3. Влияние вида теплоносителя на интенсивность теплоотдачи в зоне конденсации

Теплопередающая способность термосифона зависит от суммарного R , которое состоит в основном из термических сопротивлений в зонах нагрева и конденсации. Они определяются интенсивностью теплоотдачи на этих участках теплообмена. На рис. 2 и 3 показано влияние вида теплоносителей на коэффициенты теплоотдачи α в зонах нагрева и конденсации. Интенсивность теплоотдачи в зоне нагрева для выбранных теплоносителей практически одинакова, однако в зоне конденсации наблюдаются существенные отличия. Расчет α по рекомендациям [4] дает удовлетворительное совпадение с данными настоящего исследования.

Таким образом, на основные теплопередающие характеристики R_{min} и Q_{max} в миниатюрных термосифонах оказывают влияние теплофизические свойства теплоносителей.

Причем, это очень заметно по значениям коэффициентов теплоотдачи в зоне конденсации.

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. Семена М. Г., Гершуни А. Н., Зарипов В. К. Тепловые трубы с металловолоконистыми капиллярными структурами.– Киев: Вища школа, 1984.– 215 с.
3. Кравец В. Ю., Коньшин В. И., Ванеева Н. С. Интенсивность теплоотдачи в зоне испарения двухфазных термосифонов// Восточно-Европейский журнал передовых технологий.– 2014.– Вып. 2/5(68).– С. 45–50.
4. Алабовский А.Н., Безродный М.К., Мокляк В.Ф. Исследование теплообмена при конденсации паров в вертикальных термосифонах// Изв. вузов. Энергетика.– 1979.– № 7.– С. 61–67.

V. Yu. Kravets, E. N. Pismenny, V. I. Konshin

The influence of coolant properties on heat transfer characteristics of miniature thermosyphons.

The paper presents experimental data on heat transfer coefficient value in the evaporation and condensation areas of two-phase thermosyphon with inner diameter of 5 mm and length of 700 mm. Water, methanol, Freon-113 were used as coolant. The influence of thermophysical properties of the coolant on heat transfer characteristics of the thermosyphon is described.

Keywords: thermosyphon, heat transfer coefficient, evaporation zone, condensation zone.