

УДК 536.248.2

ЗАВИСИМОСТЬ ТЕПЛОПЕРЕДАЮЩИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОДНОВИТКОВОЙ ПУЛЬСАЦИОННОЙ ТЕПЛОВОЙ ТРУБЫ ОТ ДЛИНЫ ЗОНЫ НАГРЕВА И ОРИЕНТАЦИИ В ПРОСТРАНСТВЕ

Е. С. Алексеик, к. т. н. В. Ю. Кравец

НТУУ «Киевский политехнический институт»

Украина, г. Киев

alexeik_kpi@ukr.net, kravetz_kpi@ukr.net

Приведены результаты исследования влияния длины зоны нагрева (ЗН) и ориентации в пространстве на термическое сопротивление и коэффициент теплоотдачи в ЗН замкнутой петли. Опытным образом служила петля с внутренним диаметром 3,1 мм, длиной ЗН 50 мм и 70 мм, теплоноситель — вода, коэффициент заправки — 50%. Исследования показали, что уменьшение длины ЗН приводит к улучшению теплопередающих характеристик пульсационной тепловой трубы и к уменьшению ее чувствительности к ориентации в пространстве.

Ключевые слова: пульсационная тепловая труба, термическое сопротивление, коэффициент теплоотдачи, длина зоны нагрева, угол наклона.

Миниатюризация современных теплонагруженных компонентов радиоэлектронной и компьютерной техники приводит к уменьшению размеров посадочных мест для систем теплоотвода. В случае выполнения последних на тепловых трубах (ТТ) или пульсационных тепловых трубах (ПТТ), имеющих широкие перспективы использования в качестве элементов таких систем благодаря простоте конструкции в сочетании с высокими теплопередающими характеристиками [1, 2], это ведет к уменьшению длины зоны нагрева (ЗН). Поэтому исследование влияния длины ЗН на теплопередающие характеристики ПТТ весьма актуально.

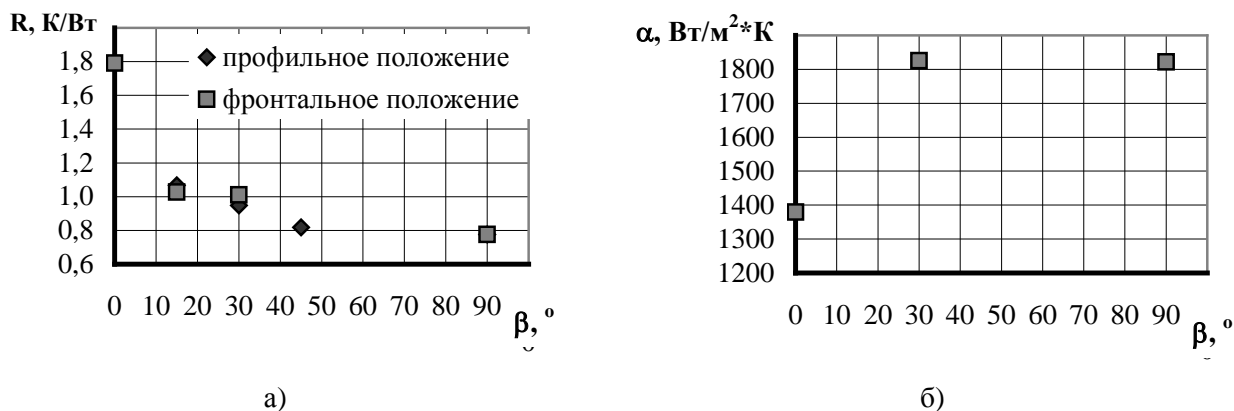
Кроме того, при использовании ПТТ для обеспечения тепловых режимов ряда устройств, таких как, например, электронные узлы летательных аппаратов, портативная компьютерная и бытовая техника и т. д., существует возможность ее работы при различной ориентации в поле действия массовых сил. Это, как известно [3—5], оказывает влияние на теплопередающие характеристики ПТТ. Поэтому данный вопрос также требует экспериментального изучения.

Целью данной работы является исследование влияния длины ЗН и ориентации ПТТ в пространстве на термическое сопротивление и коэффициент теплоотдачи в ее зоне нагрева.

Для достижения поставленной цели были проведены исследования на замкнутой петле с внутренним диаметром капилляра 3,1 мм с теплоносителем водой и коэффициентом заправки $50 \pm 5\%$ по объему. Длина зоны нагрева ($L_{ЗН}$) составляла 50 и 70 мм. Длина зоны конденсации (ЗК) во всех опытах была постоянной и равна 142 мм. Влияние ориентации в пространстве изучалось путем изменения угла наклона петли от 0° (горизонтальное положение) до 90° (вертикальное положение с нагревом снизу) при профильном и фронтальном расположении опытного образца [5].

При проведении исследований были получены следующие результаты. При длине ЗН 50 мм угол наклона как при фронтальном, так и при профильном расположении петли не влиял на ее термическое сопротивление, в то время как при длине ЗН 70 мм уменьшение угла наклона от 90 до 0° приводило к увеличению термического сопротивления (рис. 1, а). Это объясняется тем, что движущими силами в ПТТ являются инерционные силы, возникающие при росте парового пузыря на активном центре парообразования (ЦПО) в ЗН. Рост количества активных ЦПО с увеличением длины ЗН приводит к возрастанию вероятности возникновения противоположно направленных инерционных сил, что препятствует движению теплоносителя в ПТТ и, таким образом, ухудшает ее теплопередающие характеристики.

Влияние угла наклона на коэффициент теплоотдачи в зоне нагрева петли с $L_{ЗН}=50$ мм зависит от ее расположения. При профильном расположении оно практически отсутствует, а при фронталь-



Зависимость термического сопротивления при $L_{3Н}=70$ мм (а) и коэффициента теплоотдачи при $L_{3Н}=50$ мм и фронтальном положении (б) от угла наклона при $Q_{отв.}=50\text{—}60$ Вт

ном — увеличение угла наклона от 0 до 90° способствует росту коэффициента теплоотдачи (рис. 1, б). Это можно объяснить различной степенью влияния гравитационных сил на движение теплоносителя. При профильном расположении уменьшение угла наклона от 90 до 0° приводит к уменьшению этого влияния вплоть до его нивелирования при угле 0°. При фронтальном же расположении — некоторое влияние гравитационных сил сохраняется даже при угле наклона 0°, что благоприятно сказывается на движении теплоносителя и, как результат, на теплопередающих характеристиках ПТТ в целом.

Таким образом, ввиду улучшения теплопередающих характеристик и уменьшения чувствительности ПТТ к ориентации в пространстве с уменьшением длины ЗН, использование ПТТ в качестве элементов теплоотвода для современных миниатюрных электронных компонентов является весьма перспективным.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Maydanik Yu. F., Dmitrin V. I., Pastukhov V. G. Compact cooler for electronics on the basis of a pulsating heat pipe // Applied Thermal Engineering.— 2009.— Vol. 29.— P. 3511—3517.
2. Лупиков В. С., Болух В. Ф., Крюкова Н. В., Геляровская О. А. Способ охлаждения малого объекта с помощью закрытой на концах тепловой трубки с пульсирующим потоком охладителя // Вісник НТУ «ХПІ».— 2010.— № 29.— С. 89—95.
3. Naik R., Varadarajan V., Pundarika G., Narasimha K.R. Experimental investigation and performance evaluation of a closed loop pulsating heat pipe // Journal of Applied Fluid Mechanics.— 2013.— Vol. 6, N 2.— P. 267—275.
4. Suchana Akter Jahan, Mahammad Ali, Md. Quamrul Islam Effect of inclination angles on heat transfer characteristics of a closed loop pulsating heat pipe (CLPHP) // Procedia Engineering.— 2013.— Iss. 56. – P. 82—87.
5. Наумова А. Н., Кравец В. Ю. Влияние на теплопередачу в пульсационной тепловой трубе ее ориентации в пространстве // Технология и конструирование в электронной аппаратуре.— 2010.— №5-6.— С. 36—39.

E. S. Alekseik, V. Yu. Kravets

Dependence of heat transfer characteristics of the single loop pulsating heat pipe on evaporator length and space orientation.

Research results on evaporator length and space orientation effect on thermal resistance and evaporation zone heat transfer coefficient of single loop pulsating heat pipe are presented. The experimental model was a single loop with inner diameter 3,1 mm, water as heat carrier, filling ratio 50%, evaporator lengths 50 mm and 70 mm. The research has shown that decreasing of evaporator length leads to increasing of heat transfer characteristics of the pulsating heat pipe and to decrease of its sensitivity to space orientation.

Keywords: *pulsating heat pipe, thermal resistance, heat transfer coefficient, evaporator length, inclination angle.*