

УДК 536.24

## КОМБИНИРОВАННАЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЮЩАЯ СИСТЕМА ИСПАРИТЕЛЬНО-КОНДЕНСАЦИОННОГО ТИПА

Д. т. н. Ю. Е. Николаенко, к. т. н. В. Ю. Кравец, Е. С. Алексеик

НТУУ «Киевский политехнический институт»

Украина, г. Киев

yunikola@ukr.net, nirtef@kpi.ua

*Предложена конструкция комбинированной теплопередающей системы испарительно-конденсационного типа, состоящая из традиционной тепловой трубы и присоединенной к ее зоне конденсации пластины, совмещенной с пульсационной тепловой трубой, позволяющая снизить общее термическое сопротивление системы и увеличить отводимый тепловой поток по сравнению с теплопередающей системой, состоящей из традиционной тепловой трубы и радиаторной пластины.*

*Ключевые слова:* тепловая труба, пульсационная тепловая труба, комбинированная теплопередающая система.

Высокоэффективные теплопередающие устройства — тепловые трубы (ТТ) благодаря своим высоким теплопередающим характеристикам находят все более широкое применение в различных областях техники: радиоэлектронике, вычислительной технике, энергетике, машиностроении и др. [1, 2].

В большинстве случаев ТТ используется в составе теплопередающей системы, включающей в себя, кроме ТТ, элементы подвода теплоты в зоне испарения и элементы отвода теплоты в зоне конденсации ТТ [1]. Основной вклад в термическое сопротивление теплопередающей системы испарительно-конденсационного типа при отводе теплоты от зоны конденсации ТТ естественной или вынужденной конвекцией воздуха вносит термическое сопротивление теплопередачи от теплоотдающей поверхности зоны конденсации ТТ к воздуху, что, соответственно, влияет на эффективность системы в целом.

Наиболее простым способом снижения термического сопротивления при конвективном теплообмене является развитие поверхности теплообмена. Для этого на поверхности ТТ в зоне конденсации устанавливают радиаторы той или иной конструкции: в виде плоских пластин, штырей, гофрированных лент, проволок и т.п. Чтобы увеличить теплоотдающую поверхность ребер при ограниченной длине зоны конденсации ТТ приходится увеличивать их высоту. Однако вследствие ограниченной теплопроводности материала ребра это приводит к снижению эффективности ребра [3, с. 80] и уменьшению отводимого теплового потока при неизменной температуре у основания ребра.

Целью данной работы является поиск новых конструктивных решений, направленных на увеличение теплового потока, отводимого системой испарительно-конденсационного типа на основе ТТ с ребром в виде плоской пластины при заданной температуре у ее основания.

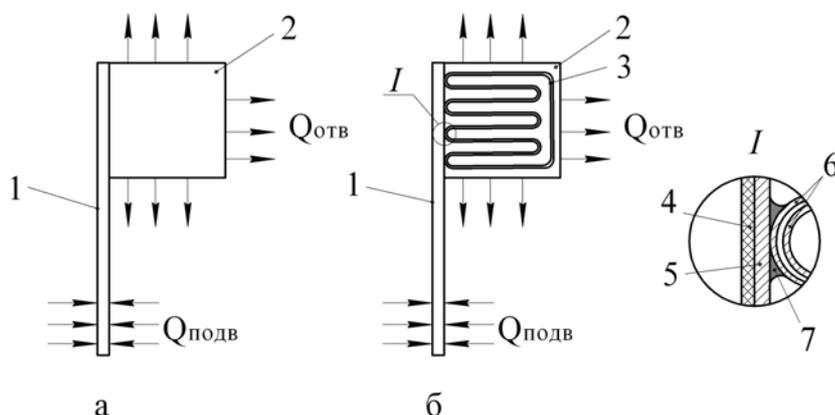


Схема теплопередающей системы испарительно-конденсационного типа на основе традиционной ТТ и оребрения в виде пластины (а) и комбинированная система на основе ТТ и оребрения в виде пластины, совмещенной с ПТТ (б): 1 — ТТ; 2 — пластина; 3 — ПТТ; 4 — слой капиллярной структуры; 5 — корпус ТТ; 6 — корпус ПТТ; 7 — припой

Для достижения поставленной цели предложена новая комбинированная теплопередающая система испарительно-конденсационного типа (см. рисунок). Ее особенностью является совмещение плоской пластины с пульсационной тепловой трубой (ПТТ), эффективная теплопроводность которой значительно выше теплопроводности материала пластины. В таблице приведены расчетные значения тепловых потоков, отводимых традиционной системой и системой с ПТТ, свидетельствующие об эффективности предложенной конструкции. Расчеты проведены при следующих условиях и допущениях: размеры пластины 300×300×1 мм; материал — медь, алюминиевый сплав АМг 5, сталь; тепловой контакт зоны испарения ПТТ с зоной конденсации ТТ и пластиной — идеальный; температура поверхности ТТ в зоне конденсации 70°C, окружающего воздуха — 20°C; коэффициент теплообмена при естественной и вынужденной конвекции воздуха 8 и 50 Вт/(м<sup>2</sup>·К) соответственно.

Величину теплового потока  $Q_{отв}$ , отведенного пластиной без ПТТ, определяли как [4, с. 48]:

$$Q_{отв} = \lambda f \vartheta m \cdot th(mh_p),$$

где  $\lambda$  — коэффициент теплопроводности материала пластины, Вт/(м·К);  $f$  — периметр поперечного сечения пластины, м;  $\vartheta$  — разность температур основания пластины и окружающего воздуха, К;  $m$  — параметр ребра, определяемый по зависимостям в [4, с. 49], 1/м;  $h_p$  — высота ребра, м.

Величину теплового потока, отведенного пластиной с ПТТ (см. таблицу), рассчитывали как отношение разности температур у основания и на конце пластины к суммарному термическому сопротивлению пластины и ПТТ. Суммарное термическое сопротивление пластины и ПТТ рассчитывали как сопротивление параллельно включенных термического сопротивления теплопередачи пластины и термического сопротивления ПТТ. Последнее на основе результатов ранее проведенных авторами исследований принималось равным 0,2 К/Вт для вынужденной конвекции и 0,8 К/Вт — для естественной.

Материал пластины	Коэффициент теплопроводности $\lambda$ , Вт/(м·К)	Отводимый тепловой поток, Вт			
		Естественная конвекция		Вынужденная конвекция	
		без ПТТ	с ПТТ	без ПТТ	с ПТТ
медь	385	35,8	58,0	93,2	264,9
сплав АМг 5	160	23,9	63,4	60,1	257,7
сталь	49	13,3	64,4	33,3	252,4

Из таблицы видно, что предложенная конструкция новой комбинированной теплопередающей системы испарительно-конденсационного типа на основе традиционной тепловой трубы с радиаторной пластиной, совмещенной с пульсационной тепловой трубой, позволяет за счет снижения термического сопротивления в зоне теплоотвода увеличить отводимый тепловой поток в 1,6—4,8 раз при естественной конвекции воздуха и в 2,8—7,5 раз — при вынужденной.

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Гниличенко В.И., Смирнов Г.Ф., Ткаченко В.Б. Тепловые трубы в системах обеспечения тепловых режимов электронных средств // Технология и конструирование в электронной аппаратуре.— 1999.— № 4.— С.15–19.
2. Чи С. Тепловые трубы: Теория и практика.— Москва: Машиностроение, 1981.
3. Керн Д., Краус А. Развитие поверхности теплообмена. Пер. с англ. — Москва: Энергия, 1977.
4. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача.— Москва: Энергоиздат, 1981.

Yu. E. Nikolaenko, V. Yu. Kravetz, E. S. Alekseik  
**The combined system of evaporation-condensation type.**

The design of combined heat-transfer system of evaporation-condensation type is proposed, consisting of traditional heat pipe and the plate united with pulsating heat pipe attached to its condensation zone. This design allows to reduce the total thermal resistance and to increase the heat transfer rate of the system in comparison with the heat transfer system, consisting of a traditional heat pipe and a radiator plate.

Keywords: *heat pipe, pulsating heat pipe, combined heat-transfer system.*