

ТЕПЛОПЕРЕДАВАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПУЛЬСАЦІЙНОЇ ТЕПЛОВОЇ ТРУБИ НОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ ДЛЯ ОХОЛОДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОННИХ КОМПОНЕНТІВ

К. т. н. Є. С. Алексеїк

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Україна, м. Київ
alexeik_kpi@ukr.net

Створено та досліджено нову конструкцію пульсаційної теплової труби (ПТТ) для охолодження електронних компонентів. Досліджувалися ПТТ, заправлені водою та бінарною сумішшю води з метанолом 4:1, при різній їх орієнтації в просторі. З'ясовано, що форма ПТТ, взаємне розташування зон нагріву та конденсації, властивості теплоносія впливають на чутливість ПТТ до орієнтації в просторі. При потужностях понад 200 Вт ПТТ з бінарною сумішшю має кращі теплопередавальні характеристики, ніж ПТТ з водою.

Ключові слова: пульсаційна тепла труба, бінарна суміш, орієнтація в просторі, термічний опір.

Для сучасних електронних компонентів характерна тенденція до зменшення їхніх розмірів. Так, наприклад, процесори Intel 13-го покоління мають розміри $45 \times 37,5$ мм, і при їх номінальній потужності тепловиділення 125 Вт [1] густина теплового потоку складає приблизно 74 кВт/м^2 . Одним з ефективних рішень для відведення великих теплових потоків може бути використання пульсаційних теплових труб (ПТТ). Проте низка досліджень, наприклад [2, 3], вказує на те, що для нормальної роботи в таких умовах, а також для зменшення чутливості до орієнтації в просторі в ПТТ має бути значна кількість витків (від 5—7), що є проблематичним для обмеженої площі електронного компонента. Тому для розв'язання цієї проблеми необхідно створювати нові конструкції ПТТ.

У цій роботі представлено нову конструкцію ПТТ для охолодження малогабаритних електронних компонентів та результати досліджень її теплопередавальних характеристик.

Було створено конструкцію ПТТ (рис. 1, а), де вузька центральна частина зони нагріву шириною 30 мм виконана так, щоб усі канали ПТТ мали контакт з тепловідляючою поверхнею електронного компонента, а схема підведення/відведення теплоти в ній (рис. 1, б) значно відрізняється від класичної (рис. 1, в).

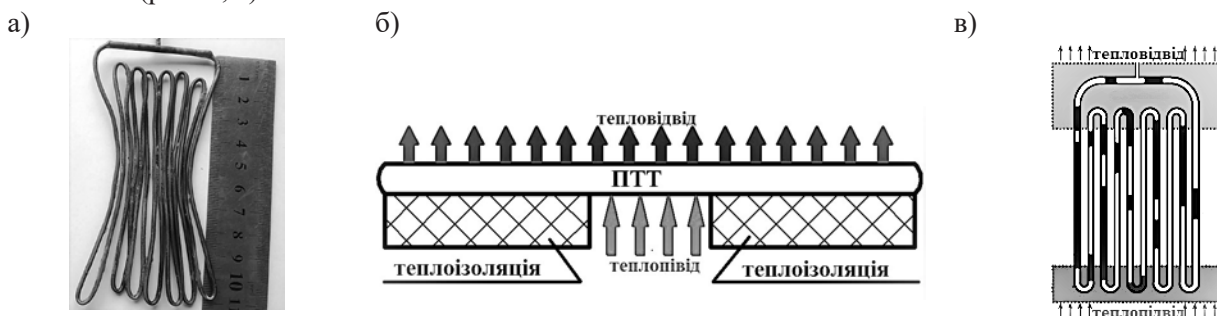


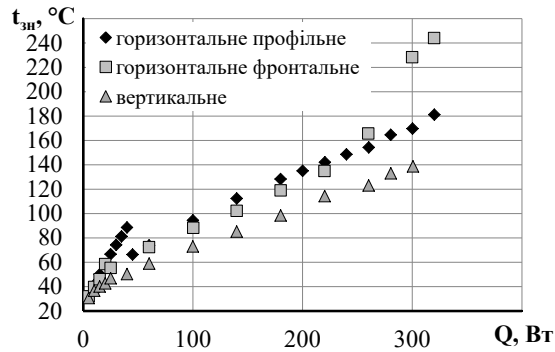
Рис. 1. Конструкція досліджуваної ПТТ (а) та схеми теплопідводу/тепловідводу нової ПТТ (б) та класичної (в)

Основні параметри досліджуваної ПТТ: зовнішній/внутрішній діаметр капіляра 2,0/1,1 мм; габаритні розміри 64×115 мм; кількість витків — 7; теплоносії та коефіцієнт заповнення — вода 49% та бінарна суміш води з метанолом 4:1 (за об'ємом) 55%. Поверхню електронного компонента імітував електричний нагрівач з контактною поверхнею тепловіддачі розміром 27×27 мм. Відведення теплоти від ПТТ забезпечувалось за допомогою теплообмінника-холодильника типу «cold plate». Температура охолодження дорівнювала 25°C . Для вимірювання розподілу температури використовувались 8 мідь-

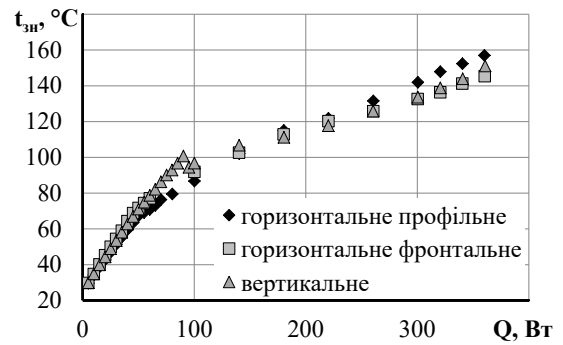
константанових термопар. Дослідження проводилось в трьох положеннях ПТТ: вертикальному з нагрівом знизу, горизонтальному профільному та горизонтальному фронтальному.

З отриманих результатів (рис. 2) можна зробити висновки, що взаємне розташування зон нагріву та конденсації впливає на чутливість ПТТ до орієнтації в просторі, а використання бінарної суміші знижує цю чутливість. ПТТ з використаною бінарною сумішшю демонструє кращі теплопередавальні характеристики, ніж ПТТ з водою (середня температура зони нагріву нижча на 10—13%, а термічний опір на 4—19%) при потужностях більше 200 Вт.

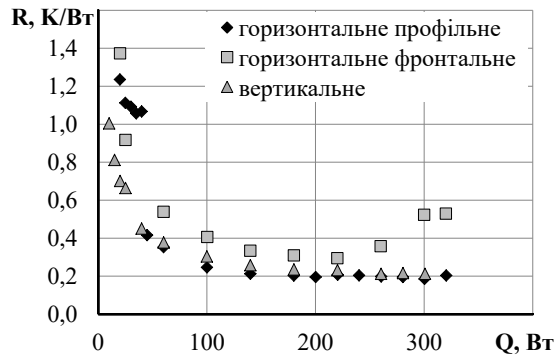
а)



б)



в)



г)

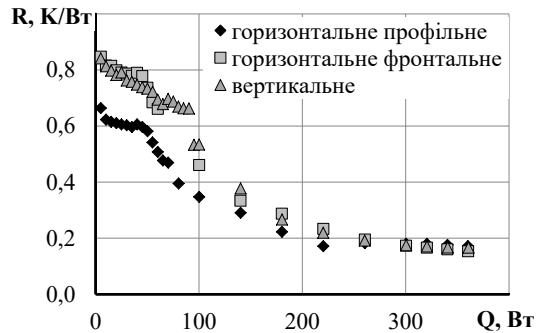


Рис. 2. Залежності температури зони нагріву $t_{зп}$ (а, б) та термічного опору R (в, г) від теплового потоку Q для ПТТ, заправлених водою (а, в) та бінарною сумішшю (б, г)

Таким чином, створена ПТТ нової конструкції може бути застосована для охолодження електронних компонентів великої потужності, при цьому у тих випадках, коли передбачається робота ПТТ при різній орієнтації в просторі, за потужностей понад 200 Вт як теплоносій краще використовувати бінарну суміш води з метанолом 4:1, а якщо менше 200 Вт — воду.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. *13th Generation Intel Core Processors. Datasheet*, vol. 1. Rev. 002, October 2022, 145 p.
2. Lee J., Joo Y., Kim S.J. Effects of the number of turns and the inclination angle on the operating limit of micro pulsating heat pipes. *Int. J. Heat Mass Transf.* 2018., vol. 124, pp. 1172–1180.
3. Noh H.Y., Kim S.J. Numerical simulation of pulsating heat pipes: Parametric investigation and thermal optimization. *Energy Convers. Manag.* 2020, vol. 203, Art. no. 112237.

Ye. Alekseik

Heat transfer characteristics of novel design pulsating heat pipe for electronics cooling

The author created a novel design of pulsating heat pipe (PHP) for electronics cooling and studied it at different space orientations and with different heat carriers (water and water—methanol binary mixture 4:1). It was found that the shape of the PHP, placement of heating and condensation zones, and heat carrier properties affect the sensitivity of the PHP to space orientation. The PHP with binary mixture has better heat transfer characteristics than the one with water at a power above 200 W.

Keywords: pulsating heat pipe; binary mixture; space orientation; thermal resistance.