

ТЕПЛОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛОСКООВАЛЬНИХ ГРАВІТАЦІЙНИХ ТЕПЛОВИХ ТРУБ З АЦЕТОНОМ ТА ЕТАНОЛОМ ДЛЯ СИСТЕМ ОХОЛОДЖЕННЯ РЕА

К. Т. Н. Д. В. Козак, д. т. н. Ю. Є. Ніколаєнко, д. т. н. В. Ю. Кравець,
Р. С. Мельник, PhD Д. В. Пекур*

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;
*Інститут фізики напівпровідників імені В. Є. Лашкарьова НАН України
Україна, м. Київ
yunikola@ukr.net, dk.kpi.hp@gmail.com

Представлено порівняння експериментально отриманих теплових характеристик мідних гравітаційних плоскоовальних теплових труб з різьбовою капілярною структурою, які визначають умови їх роботи в системі охолодження радіоелектронної апаратури. Дослідження проведено в діапазоні кутів нахилу від 0 до 90°. Показано високу ефективність теплових характеристик досліджених теплових труб.

Ключові слова: система охолодження, тепла труба, різьба, теплові характеристики, кут нахилу.

Розвиток технологій та широке використання мікросхем дозволило значно збільшити щільність компонування і зменшити габарити радіоелектронної апаратури (РЕА), що призвело до підвищення питомої потужності розсіювання та збільшення температури всередині РЕА порівняно з апаратурою, побудованою на дискретних радіоелементах. Щоб знизити температуру всередині блоку, конструктори змушені застосовувати додаткові методи та пристрої для охолодження РЕА.

Під охолодженням радіоелектронної апаратури розуміють процес відведення і перенесення теплоти від елементів РЕА до середовища, температура якого залишається незмінною або підтримується в необхідних межах, з метою забезпечення нормального теплового режиму РЕА. Нормальний тепловий режим РЕА — це такий тепловий режим, за якого температура кожного з елементів РЕА дорівнює заданій або не виходить за межі, зазначені для цього елемента.

Усі системи охолодження, що використовуються в РЕА, за видом теплоносія поділяють на повітряні та рідинні (без або зі зміною агрегатного стану теплоносія). Найбільшу інтенсивність передавання теплоти мають двофазні рідинні системи охолодження, в яких охолодження РЕА відбувається завдяки зміні агрегатного стану теплоносія. Метод охолодження РЕА на основі двофазних теплопередавальних пристроїв, таких як теплові труби (ТТ), дає додаткові переваги, оскільки ТТ є абсолютно автономними та працюють без застосування додаткової енергії з зовні. На сьогодні ТТ широко застосовуються в складі різних систем охолодження РЕА, світлодіодних освітлювальних пристроїв, комп'ютерних систем, електронних блоків літальних апаратів тощо [1]. Ефективність роботи системи охолодження радіоелектронної апаратури на основі ТТ значною мірою залежить від теплових характеристик ТТ. Тому результати дослідження теплових характеристик ТТ є актуальним завданням при проектуванні систем охолодження РЕА на їх основі. Найпростішими та привабливими для застосування в системах охолодження РЕА є гравітаційні теплові труби (ГРТТ) з різьбовою капілярною структурою [2], але характеристики таких плоскоовальних ГРТТ вивчено недостатньо.

Метою цієї роботи є визначення факторів впливу, таких як підведена потужність, кут нахилу, тип теплоносія та коефіцієнт заповнення ϵ , на теплові характеристики плоскоовальних ГРТТ з різьбовою капілярною структурою та побудова графічних залежностей, за допомогою яких при проектуванні системи охолодження РЕА можна було б визначити конструктивні характеристики ГРТТ та особливості їх розташування у просторі для ефективної та стабільної роботи електронних пристроїв.

Корпуси ГРТТ, характеристики яких досліджувались, виготовлено з мідної труби зовнішнім діаметром 10 мм. Після формування різьбової капілярної структури в зоні нагріву довжиною 40 мм труби сплющували до плоскоовальної форми з розмірами 6 мм по товщині та 12,2 мм по ширині. За-

гальна довжина ГРТТ дорівнює 257 мм. Після сплюснення коефіцієнт заповнення ГРТТ ацетоном складає $\varepsilon = 0,73$, етанолом — $\varepsilon = 0,54$. При проведенні досліджень охолодження ТТ відбувалось вимушеною конвекцією повітря через встановлений на ГРТТ алюмінієвий радіатор довжиною 200 мм. Для зменшення контактного теплового опору використовувалась теплопровідна паста КПТ-8.

На рис. 1 представлено графічні залежності середнього значення температури зони нагріву ГРТТ $T_{\text{зн}}$ для кутів нахилу відносно горизонту 90° та 15° , заправлених етанолом ($\varepsilon = 0,54$) та ацетоном ($\varepsilon = 0,73$), від підведеного теплового потоку Q . Також були отримані й інші теплові характеристики.

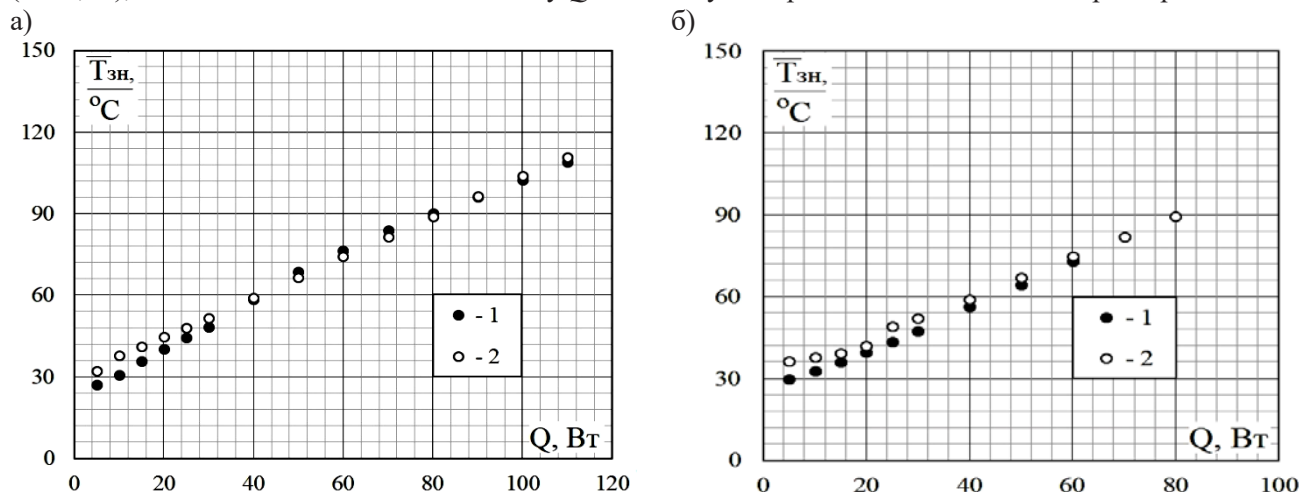


Рис. 1. Залежність середньої температури зони нагріву плоскоовальних ГРТТ від підведеного теплового потоку при кутах нахилу 90° (а) та 15° (б), заправлених етанолом (1) та ацетоном (2)

Отримані в роботі дані дозволяють оцінити вплив орієнтації мідних плоскоовальних ГРТТ з різьбовою капілярною структурою на їхні теплові характеристики, визначити основні фактори впливу та проаналізувати особливості та ефективність роботи ГРТТ. Визначальний вплив орієнтації на характеристики, що досліджувалися у роботі, спостерігається при менших значеннях теплового потоку Q (у випарному режимі), де орієнтація суттєво впливає на рівень теплоносія та розподілення його по зоні нагріву й іншій внутрішній поверхні ГРТТ. В режимі кипіння ця залежність для кутів 15° та 90° нівелюється більш рівномірним розподіленням робочої рідини по поверхні ГРТТ та інтенсифікації теплообміну завдяки різьбовій капілярній структурі в зоні нагріву. Отримані графічні залежності зручні для практичного застосування.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Faghri A. Heatpipes: review, opportunities and challenges. *Frontiers in Heat Pipes*, 2014, 5, pp. 1–48. <https://doi.org/10.5098/fhp.5.1>
2. Nikolaenko Yu. E., Pekur D. V., Sorokin V. M. et al. Experimental study on characteristics of gravity heat pipe with threaded evaporator. *Thermal Science and Engineering Progress*, 2021, 26, pp. 101–107. <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2021.101107>

Роботу виконано за підтримки Національного фонду досліджень України (проект № 2020.02/0357) та Міністерства освіти і науки України (проект № 2603).

D. V. Kozak, Yu. E. Nikolaenko, V. Yu. Kravets, R. S. Melnyk, D. V. Pekur,

Thermal characteristics of flat-oval gravity heat pipes with acetone and ethanol for cooling systems of radio-electronic equipment

The paper presents a comparison of the experimentally obtained thermal characteristics of copper gravity flat-oval heat pipes with a threaded capillary structure, which determine the conditions of their operation in the cooling system for electronic equipment. The study was carried out in the range of inclination angles from 0° to 90° . The high efficiency of the thermal characteristics of the studied heat pipes is shown.

Keywords: cooling system, heat pipe, thread, thermal characteristics, angle of inclination.