

ВПЛИВ ОРІЄНТАЦІЇ В ПРОСТОРІ ПЛОСКООВАЛЬНОЇ ТЕПЛОВОЇ ТРУБИ З РІЗЬБОВОЮ КАПІЛЯРНОЮ СТРУКТУРОЮ НА ЇЇ ТЕПЛОПЕРЕДАВАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

К. т. н. Д. В. Козак¹, д. т. н. Ю. Є. Ніколаєнко¹, д. т. н. В. Ю. Кравець¹,
Р. С. Мельник¹, PhD Д. В. Пекур²,

¹Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,

²Інститут фізики напівпровідників імені В. Є. Лашкарьова НАН України
Україна, м. Київ
dk.kpi.hp@gmail.com, yunikola@ukr.net

Отримано залежності температури в зоні нагріву та теплового опору мідної плоскооовальної теплової труби з різьбовою капілярною структурою від підведеного теплового потоку при різній її орієнтації в просторі. Робоча рідина — ацетон, діапазон зміни теплового потоку — від 5 до 110 Вт, кута нахилу теплової труби — від 0 до 90°. Отримані теплопередавальні характеристики можуть бути використані в процесі розроблення систем охолодження приймально-передавальних модулів та світлодіодних освітлювальних систем.

Ключові слова: теплова труба, теплопередавальні характеристики, різьбова структура, кут нахилу.

Потужні електронні компоненти комп'ютерних систем, світлодіодних освітлювальних систем, приймально-передавальних модулів антенних систем радіолокаційних станцій тощо під час своєї роботи виділяють значну кількість теплоти. Недостатньо ефективного відведення теплоти може призвести до зниження надійності електронних компонентів та скорочення терміну експлуатації систем в цілому. При розробленні систем охолодження тепловидільних пристроїв інженери застосовують різні підходи, наприклад використовують методи відведення теплоти на основі двофазних теплопередавальних пристроїв, таких як теплові труби (ТТ) [1, 2]. Використання ТТ в системі охолодження дає додаткові переваги, оскільки вони є абсолютно автономними і не потребують додаткових витрат енергії ззовні. Для практичного застосування найбільш привабливими є конструкції гравітаційних ТТ з різьбовою капілярною структурою, що мають плоскі грані. Оскільки ефективність роботи гравітаційних ТТ залежить від орієнтації в просторі, для застосування їх в системах охолодження важливо знати теплопередавальні характеристики ТТ при різній орієнтації в просторі.

Метою цієї роботи є визначення впливу орієнтації в просторі плоскооовальної гравітаційної теплової труби на її теплопередавальні характеристики (температура в зоні нагріву та тепловий опір) в широкому діапазоні значень теплового потоку, що підводиться до ТТ, та побудова графічних залежностей, за допомогою яких при проектуванні системи охолодження можна було б швидко визначити діапазон значень кутів нахилу та особливості розташування ТТ у просторі для ефективної та стабільної її роботи.

Корпус експериментального зразка ТТ (рис. 1) виготовлено з мідної циліндричної трубної заготовки зовнішнім діаметром 10 мм. Після формування різьбової капілярної структури в зоні нагріву довжиною 40 мм труба сплющувалась до плоскооовальної форми розміром 6 мм по товщині та 12,2 мм по ширині. Довжина ТТ — 257 мм. Робоча рідина — ацетон. Коефіцієнт заповнення складає 0,73 відносно довжини зони нагріву.

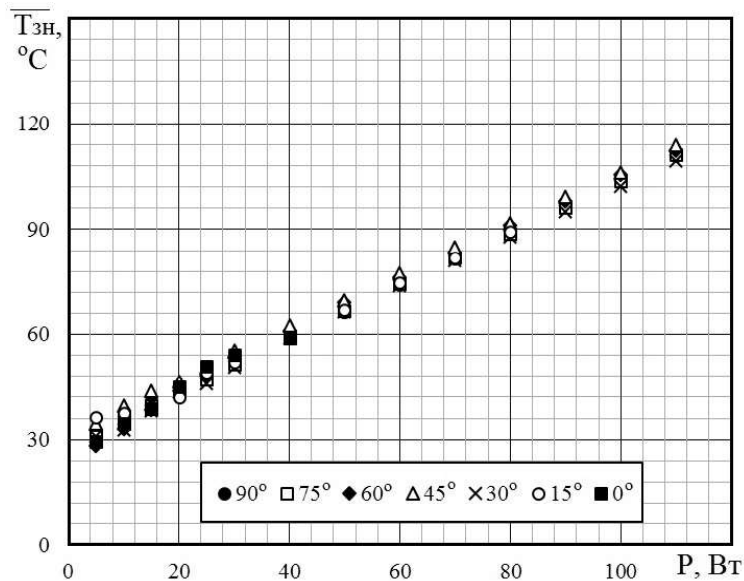


Рис. 1. Експериментальний зразок плоскооовальної ТТ з встановленими термопарами

В процесі досліджень ТТ охолоджувалась вимушеною конвекцією за допомогою встановленого на ТТ алюмінієвого радіатора з двома вентиляторами. Довжина зони конденсації складає 200 мм. Для зменшення теплового опору між поверхнями контакту ТТ і радіатора використовувалась теплопровідна паста КПТ-8.

На рис. 2 представлено отримані графічні залежності середніх значень температури зони нагріву та теплового опору від підведеного теплового потоку при різних кутах нахилу ТТ (від 0 до 90° з інтервалом 15°). Наведені дані показують, що на теплопередавальні характеристики плоскоовальних ТТ з різьбовою капілярною структурою значною мірою впливає орієнтація ТТ у просторі, оскільки повернення робочої рідини із зони конденсації до зони нагріву відбувається під дією сили гравітації. В діапазоні теплового потоку від 5 до 30 Вт, що відповідає переважно випарному режиму роботи ТТ, тепловий опір суттєво залежить від кута нахилу. При цьому, мінімальні значення теплового опору спостерігаються при куті нахилу 60°. В такому режимі роботи теплообмін в зоні нагріву відбувається тепловіддачею від стінки до робочої рідини в основному теплопровідністю. Тому температура зони нагріву та тепловий опір ТТ у великій мірі залежить від коефіцієнта теплопровідності, об'єму робочої рідини та розподілення її по різьбовій поверхні зони випаровування.

а)



б)

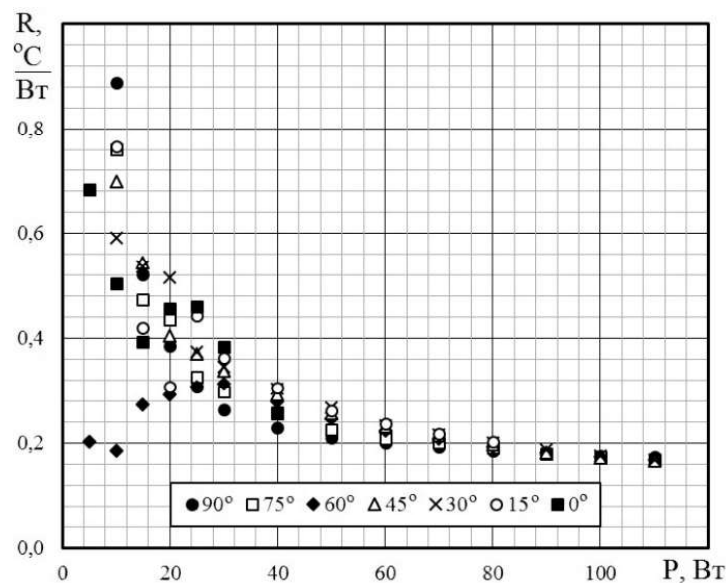


Рис. 2. Залежність температури (а) та теплового опору (б) плоскоовальної ТТ від підведеного теплового потоку

В режимі кипіння (від 30 до 110 Вт) спостерігається зменшення залежності теплопередавальних характеристик від орієнтації ТТ у просторі. За такого режиму розподілення температури по зоні нагріву ТТ є більш рівномірним, а її залежність від теплового потоку майже однакова для всіх кутів нахилу. Однаковий характер залежності для всіх кутів нахилу спостерігається і для теплового опору, значення якого в цьому діапазоні потужності пов'язане з високою інтенсивністю процесів теплообміну — кипіння та конденсації.

Представлені дані дають змогу оцінити вплив орієнтації на теплопередавальні характеристики мідних плоскоовальних ТТ з різьбовою капілярною структурою, визначити головні аспекти та фізичні процеси впливу та умови їх застосування в процесі проєктування систем охолодження. Визначальний вплив орієнтації на характеристики, що досліджувалися у роботі, спостерігається у випарному режимі, де орієнтація суттєво впливає на розподілення робочої рідини по різьбовій поверхні в зоні нагріву та по іншій внутрішній поверхні ТТ. В режимі кипіння ця залежність для кутів нахилу від 15 до 90° нівелюється більш рівномірним розподіленням робочої рідини по поверхні ТТ та інтенсифікацією теплообміну завдяки різьбовій капілярній структурі в зоні нагріву. Отримані графічні залежності зручні для практичного застосування.

Роботу виконано за підтримки Національного фонду досліджень України (проєкт № 2020.02/0357) та Міністерства освіти і науки України (проєкт № 2407)

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Nikolaenko Yu. E., Alekseiik Ye. S., Kozak D. V., Nikolaienko T. Yu. Research on two-phase heat removal devices for power electronics. *Thermal Science and Engineering Progress*, 2018, № 8, p. 418–425.
2. Николаєнко Ю. Є., Басок Б. І., Козак Д. В. Термічний опір теплових труб для світлодіодних освітлювальних приладів енергоефективних будівель. *Енергетика: економіка, технології, екологія*, 2017, № 4, с. 57–66.

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

Influence of space orientation of flat-oval heat pipe with threaded capillary structure on its heat transfer characteristics

The authors obtain the dependences of the temperature in the heating zone and the thermal resistance of a copper flat-oval heat pipe with a threaded capillary structure on the supplied heat flux at different space orientations. The working fluid of the heat pipe is acetone. The heat flux varies in the range from 5 to 110 W, the tilt angles of the heat pipe are from 0 to 90°. The obtained heat transfer characteristics can be used in the development of cooling systems for transmit/receive modules and LED lighting systems.

Keywords: heat pipe, heat transfer characteristics, threaded structure, tilt angle.
