

## ВПЛИВ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ГРАВІТАЦІЙНОЇ ТЕПЛОВОЇ ТРУБИ НА ЇЇ ТЕПЛОФІЗИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

PhD Д. В. Пекур<sup>1</sup>, д. т. н. Ю. Є. Ніколаєнко<sup>2</sup>, д. т. н. В. Ю. Кравець<sup>2</sup>,  
к. т. н. Д. В. Козак<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Інститут фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова НАН України,

<sup>2</sup>Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Україна, м. Київ

demid.pekur@gmail.com, yunikola@ukr.net

*Наведено результати експериментального дослідження теплових характеристик мідної теплової труби з різьбовою капілярною структурою в зоні випаровування при зміні форми її корпусу в умовах природного повітряного охолодження. Зміну форми циліндричної теплової труби діаметром 12 мм довжиною 230 мм здійснювали шляхом спочатку часткового, а потім повного (по довжині) сплющування. Показано, що зміна геометрії теплової труби найбільш суттєво впливає на коефіцієнт тепловіддачі в зоні конденсації.*

*Ключові слова: плоска тепла труба, різьбова капілярна структура, коефіцієнт тепловіддачі.*

Сфери застосування теплових труб (ТТ) сьогодні суттєво розширюються у зв'язку з високими рівнями інтеграції сучасних потужних електронних компонентів, охолодження яких за допомогою стандартних засобів тепловідведення все частіше ускладнюється або стає навіть неможливим. Завдяки використанню випарно-конденсаційного циклу передачі теплоти всередині ТТ вони мають високу ефективну теплопровідність та дозволяють створювати надійні пасивні [1] та активні [2] системи охолодження.

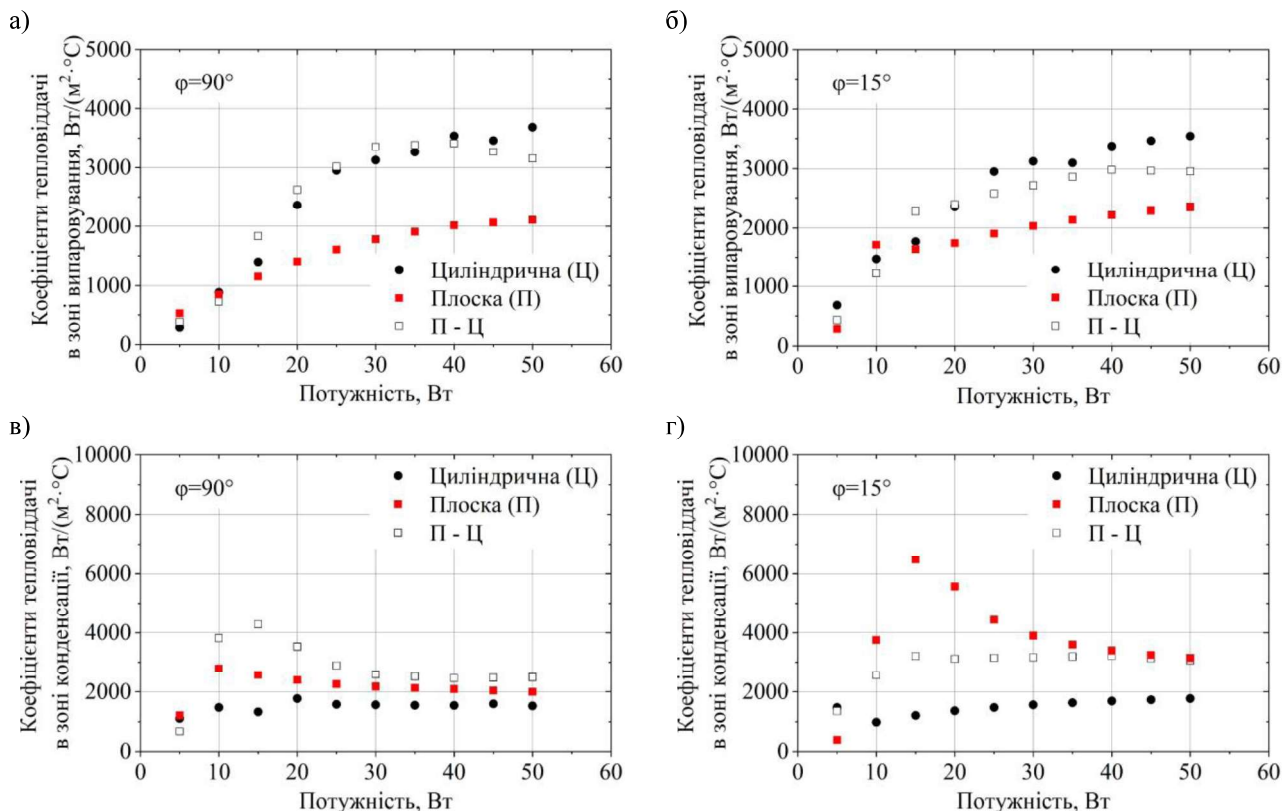
На процеси випаровування, конденсації та повернення робочої рідини в зону випаровування окрім умов нагрівання та охолодження впливають властивості робочої рідини, наявність капілярної структури та її тип, а також форма корпусу ТТ. Зміна форми корпусу ТТ змінює рівень заповнення зони випаровування ТТ робочою рідиною, розміри парового простору та умови формування та гідродинаміки плівки конденсату, що впливає на процеси теплообміну в зонах ТТ та на її теплові параметри. Інтенсивність процесів теплообміну в зонах випаровування та конденсації ТТ характеризується коефіцієнтами тепловіддачі в зонах випаровування та конденсації відповідно.

Метою цієї роботи є експериментальне дослідження впливу зміни геометричних параметрів ТТ з різьбовою капілярною структурою на коефіцієнти тепловіддачі в зонах випаровування та конденсації.

Для дослідження було виготовлено мідну гравітаційну теплову трубу циліндричної форми з різьбовою капілярною структурою. Довжина ТТ — 230 мм, діаметр — 12 мм, крок різьби в зоні випаровування — 0,5 мм. Робоча рідина — хладон R141b. Довжина зони випаровування — 30 мм, зони конденсації — 60 мм. Відведення теплоти від зони конденсації здійснювалося за допомогою радіатора з радіальними ребрами в умовах вільної конвекції оточуючого повітря.

Спочатку було отримано теплові характеристики ТТ циліндричної форми. Після цього було змінено форму теплової труби з циліндричної на плоскоовальну в зоні підведення теплоти, а потім — по всій її довжині. Розміри частково сплюсненої частини ТТ склали 15×5,5×130 мм, повністю сплюсненої частини — 15×5,5×230 мм.

Дослідження теплових характеристик ТТ проводилося в діапазоні потужностей від 5 до 50 Вт при кутах нахилу ТТ до горизонту 90° та 15°. При першій зміні форми ТТ відсоток заповнення її порожнини робочою рідиною зріс з 25 до 31%, при другій — до 36%. На рисунку показано графічні залежності коефіцієнтів тепловіддачі в зонах випаровування та конденсації.



Коефіцієнти тепловіддачі в зоні випаровування (а, б) та конденсації (в, г) ТТ різної геометрії при кутах її нахилу до горизонту  $90^\circ$  (а, в) та  $15^\circ$  (б, г)

Отримані результати досліджень показали, що при зміні форми корпусу циліндричної ТТ лише в зоні випаровування спостерігається зниження коефіцієнту тепловіддачі в зоні випаровування ТТ на величину до 16,6%, а при сплюсненні корпусу по всій довжині — до 42,9%. Найбільш суттєво зміна геометрії ТТ впливає на коефіцієнт тепловіддачі в зоні конденсації при потужностях від 10 до 20 Вт: підвищення коефіцієнту тепловіддачі в зоні конденсації становить до 223% при куті нахилу  $90^\circ$  та до 436% при куті  $15^\circ$ . Зміну представлених параметрів можна пояснити зміною інтенсивності процесів теплообміну в зазначених зонах.

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

#### ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Pekur D.V., Sorokin V.M., Nikolaenko Yu.E. Optimization of the cooling system design for a compact high-power LED luminaire, *SPQEO*, 2020, vol. 23, no 1, pp. 91–101.
2. Nikolaenko Yu.E., Baranyuk A.V., Reva S.A. et al. Improving air cooling efficiency of transmit/receive modules through using heat pipes, *Thermal Science and Engineering Progress*, 2019, vol. 14, article 100418.

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

#### Influence of geometry of gravity heat pipe on its thermophysical characteristics

The paper presents the experimental results on thermal characteristics of copper heat pipes with threaded capillary structure in evaporator under natural air-cooling conditions for varying shape of the pipe. The shape of the cylindrical heat pipe 12 mm in diameter and 230 mm in length was changed by first partial and then complete flattening (along the length). It is shown, that change in geometry of the heat pipe has the most pronounced effect on the heat transfer coefficient in the condenser zone.

Keywords: flat heat pipe, threaded capillary structure, heat transfer coefficient.