

ТЕПЛОВИЙ ОПІР ПУЛЬСАЦІЙНОЇ ТЕПЛОВОЇ ТРУБИ НОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ ДЛЯ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОНІКИ

Р. С. Мельник, д. т. н. Ю. Є. Ніколаєнко, д. т. н. В. Ю. Кравець, Л. В. Ліпницький

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»
Україна, м. Київ
m.roman.kpi@gmail.com, yunikola@ukr.net

Виготовлено та досліджено нову конструкцію мідної тривиткової пульсаційної теплової труби з n-пентаном, призначеної для застосування в системі охолодження електронних компонентів. Наведено залежність теплового опору теплової труби від теплового потоку та від її орієнтації в просторі. Визначено, що при зменшенні кута нахилу область оптимального функціонування (з мінімальним тепловим опором) зменшується з діапазону 20–60 Вт при вертикальній орієнтації до 20–25 Вт при куті нахилу 15°.

Ключові слова: пульсаційна тепла труба, тепловий опір, система охолодження

Постійне зростання потужності електронних компонентів ускладнює задачу підтримання їхнього температурного режиму. Основним методом розв'язання цієї задачі є застосування систем охолодження, в основі функціонування яких лежать процеси перенесення та трансформації теплового потоку. З цією метою більшість сучасних методів охолодження використовують різні типи двофазних систем теплопередачі (теплові труби та термосифони). Кожному типу двофазних систем теплопередачі властиві певні переваги та недоліки. Недоліком класичних теплових труб з пористою структурою є складність виготовлення. Цю проблему частково вирішують масовістю виробництва типових конструкцій. З іншого боку, при цьому втрачається «поле для маневру», оскільки системи охолодження стають типовим виробом, що може не забезпечувати потреби дрібносерійного виробництва спеціалізованої техніки (військова техніка, малі виробництва, космічні технології тощо). Використання більш простих і дешевих двофазних пристроїв — термосифонів робить кінцеву продукцію залежною від орієнтації її в просторі. Певним компромісним рішенням є використання безгнотових пульсаційних теплових труб (ПТТ). Їх виготовлення значно простіше, на відміну від класичних ТТ з гнотом, і разом з тим їх можна використовувати за різної орієнтації у просторі більш успішно, ніж термосифони.

Метою цієї роботи є визначення впливу орієнтації ПТТ в просторі на її тепловий опір.

Для використання в спеціалізованій системі охолодження було розроблено та виготовлено зразок ПТТ нової конструкції [1]. Експериментальні дослідження теплових характеристик проводились при різній орієнтації в просторі за типовою методикою [2]. Загальний вигляд експериментального зразка зі встановленими системами підведення та відведення теплового потоку представлено на рис. 1.

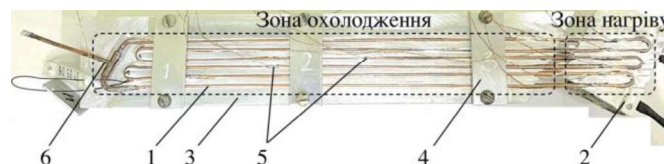


Рис. 1. Загальний вигляд експериментальної ділянки

Підведення теплоти до експериментального зразка ПТТ 1 відбувається за допомогою імітатора теплового потоку 2, виготовленого з двох алюмінієвих пластин товщиною 2 та 4 мм, між якими встановлено плівковий термостійкий нагрівач. Охолодження зразка організовано за допомогою радіатора 3 у вигляді відрізка стандартного радіаторного профілю з алюмінієвого сплаву АД31 довжиною 200 мм, на який встановлено два вентилятори Gembird D40SM-12A (на рисунку не показано) з витра-

тою повітря 5,2 м³/год. Збільшення площі контакту між експериментальним зразком ПТТ та системами підведення-відведення теплового потоку виконано за допомогою фрезерованих каналів та монтажу в них ПТТ з використанням теплопровідної пасти КПТ-8 та притискних планок 4. Значення температури в процесі проведення досліджень відстежувалось за допомогою термопар 5 Т-типу, встановлених на ПТТ пайкою припоєм ПОС-61. Заправка експериментального зразка ПТТ н-пентаном відбувалась через заправну трубку 6, яку потім перетискали до утворення холодного зварювання та підсилювали надійність місця перетискання пайкою.

Результати проведених досліджень залежності теплового опору ПТТ від теплового потоку за різної орієнтації ПТТ в просторі наведено на рис. 2.

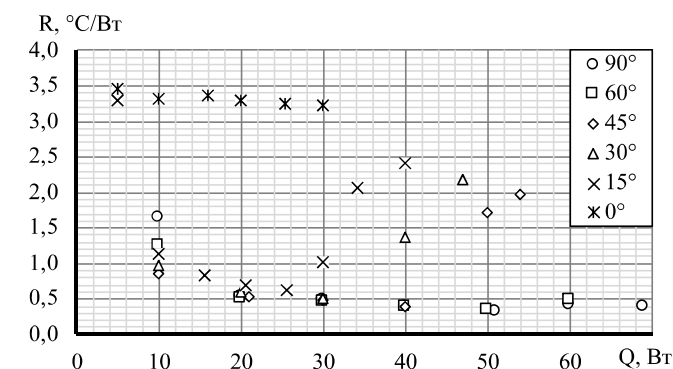


Рис. 2. Вплив орієнтації ПТТ в просторі на її тепловий опір

Для кутів нахилу ПТТ 90° (вертикальне положення) та 60° значення теплового опору майже повністю збігаються в діапазоні теплових потоків від 20 до 60 Вт. Значення 5 та 10 Вт відповідають початковому режиму функціонування ПТТ і не є основним робочим режимом. Що стосується режиму активної роботи ПТТ, то з рис. 2 видно, що при зменшенні кута нахилу область найменших значень теплового опору зменшується. Якщо для 90° та 60° ця область знаходиться в діапазоні потужностей 20–60 Вт, то для 45° — в діапазоні 20–40 Вт, для 30° — 20–30 Вт, а для 15° — 20–25 Вт. При горизонтальній орієнтації ПТТ тепловий опір знаходився в діапазоні від 3,0 до 3,5°C/Вт, що вказує на неефективність функціонування цього зразка ПТТ в горизонтальному положенні.

Таким чином, видно, що використання н-пентану як теплоносія для цієї мідної тривиткової конфігурації ПТТ з внутрішнім діаметром 1,5 мм недостатньо забезпечує незалежність її характеристик від орієнтації в просторі. З іншого боку, при кутах нахилу близьких до вертикального положення значення теплового опору ПТТ знаходяться на рівні існуючих зразків традиційних двофазних пристроїв. Крім того, певна гнучкість ПТТ дозволяє використовувати її в широкому діапазоні конструктивних форм систем охолодження без внесення суттєвих змін в процес виготовлення.

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

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Николаенко Ю.С., Кравець В.Ю., Козак Д.В. та ін. Пульсаційна тепла труба з замкненим контуром, Пат. 150163, Україна, 2022.
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, vol. 26, article 101107.

R. S. Melnyk, Yu. E. Nikolaenko, V. Yu. Kravets, L. V. Lipnitskyi

Thermal resistance of a new pulsating heat pipe design for cooling systems used in electronics

The authors create a new three-turn design of the copper pulsating heat pipe with n-pentane as working fluid intended for cooling systems for electronic components. The study describes the dependence of heat pipe's thermal resistance on its heat flux and tilt angle. It is determined that when the tilt angle decreases, normal operating range of heat flux (for the lowest thermal resistance) decrease from 20–60 W for vertical orientation to 20–25 W for 15° tilt angle.

Keywords: pulsating heat pipe, thermal resistance, cooling system.