

ВПЛИВ ТЕПЛООВОГО НАВАНТАЖЕННЯ ТА КУТА НАХИЛУ НА ТЕПЛОВИЙ ОПІР ПЛАСКОЇ ГРАВІТАЦІЙНОЇ ТЕПЛОВОЇ ТРУБИ З НАРІЗНИМ ВИПАРНИКОМ, ЗАПРАВЛЕНОЇ ФРЕОНОМ R141b

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

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

Порівнюються теплові характеристики пласкої мідної гравітаційної теплової труби з нарізним випарником, заповненої фреоном R141b, при двох її положеннях у просторі: вертикально та під кутом 15° відносно горизонту. Показано, як впливає кут нахилу на тепловий опір теплової труби у діапазоні потужності 5—80 Вт.

Ключові слова: теплова труба, теплопередавальні характеристики, нарізний випарник, форма корпусу ТТ

У радіоелектронній апаратурі висока температура може спричинити нестабільність роботи, скорочення терміну експлуатації та навіть вихід з ладу деяких компонентів. Одним з варіантів розв'язання такої задачі є використання систем охолодження на основі двофазних вискоелективних теплопередавальних елементів, наприклад гравітаційних теплових труб (ТТ).

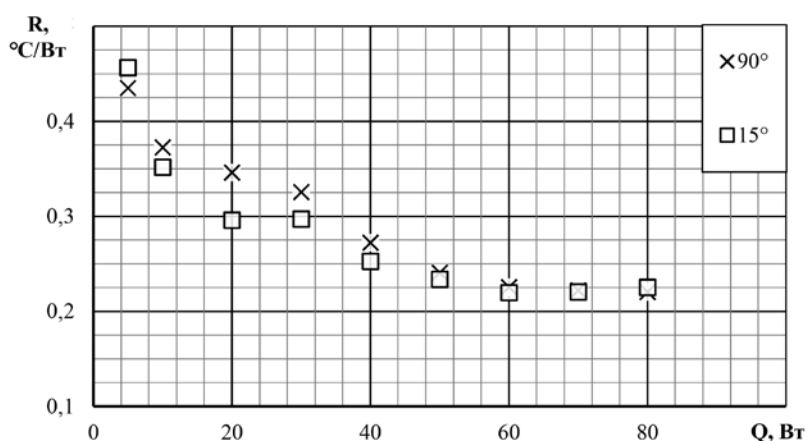
Однією з основних переваг гравітаційних ТТ є їх простота та низькі витрати на виготовлення (у порівнянні з класичними тепловими трубами з капілярною структурою). Оскільки вони не містять рухомих частин, немає потреби у постійному контролі та регулюванні, що знижує вартість експлуатації. Отже, використання гравітаційних теплових труб може бути корисним для розв'язання проблем з тепловим управлінням та забезпеченням стабільної роботи радіоелектронної апаратури.

Для підвищення ефективності гравітаційних ТТ використовують різні методи інтенсифікації теплообміну у зонах випаровування та конденсації. Більшість з цих методів є технологічно складними як у лабораторних умовах, так і у технологічному циклі промислового виробництва. Одним з простих і технологічних методів виготовлення інтенсификаторів теплообміну є виконання різьбових або гелікоїдних спіральних канавок на внутрішній поверхні зони випаровування ТТ [1, 2], але серед наукових публікацій зустрічається дуже мало досліджень таких теплових труб.

Метою цієї роботи є експериментальне вивчення впливу теплового навантаження та кута нахилу пласкої гравітаційної ТТ з нарізним випарником на її тепловий опір у широкому діапазоні зміни потужностей (від 5 до 80 Вт) при двох її положеннях: вертикальному та під кутом нахилу 15° до горизонту.

Експериментальний зразок мідної гравітаційної ТТ пласкої форми з інтенсификатором теплообміну у вигляді різьбових спіральних канавок трикутного профілю з кроком 0,5 мм в зоні випаровування був виготовлений методом вальцювання з циліндричної ТТ зовнішнім діаметром 12 мм і довжиною 255 мм. Таким чином було отримано плоскоовальний профіль перерізу теплової труби товщиною 6 мм і шириною 15,3 мм. При цьому зона нагріву ТТ складала 40 мм, зона транспорту 15 мм, зона охолодження 200 мм. Як теплоносієм було використано фреон R141b із коефіцієнтом заповнення 0,54, який визначався як відношення об'єму теплоносія до об'єму внутрішнього простору ТТ в зоні випаровування.

У результаті проведення експериментальних досліджень було отримано графічні залежності теплового опору R досліджуваної гравітаційної ТТ від теплового навантаження Q (див. рисунок). Їх аналіз свідчить, що з підвищенням теплового навантаження тепловий опір знижується для обох варіантів її розташування ТТ. Зменшення теплового опору зі зростанням теплового потоку відбувається через збільшення інтенсивності теплообміну при кипінні в зоні випаровування. Якісно характер залежностей цілком відповідає результатам досліджень класичних гравітаційних ТТ.



Залежність теплового опору R плоскої гравітаційної ТТ з фреоном R141b від теплового навантаження Q при кутах нахилу ТТ до горизонту 90° та 15°

В результаті порівняння отриманих залежностей для кутів нахилу плоскої гравітаційної ТТ до горизонту 90° та 15° виявлено, що найбільш помітний вплив розташування ТТ на її тепловий опір проявляється в режимах початкового та слабозвиненого процесів кипіння, тобто при збільшенні теплового навантаження від 10 до 40 Вт. В цьому діапазоні теплових потоків відмінності у величині теплового опору значно вищі, ніж при активному процесі кипіння, і знаходяться в межах 15% для різних значень підведеної потужності. Причому при орієнтації ТТ, наближеної до горизонтального положення (кут нахилу 15°), тепловий опір є меншим, ніж при вертикальній орієнтації.

У діапазоні більш значних теплових потоків, від 50 до 80 Вт, значення теплового опору досліджуваної ТТ при її вертикальній орієнтації були вищі лише на 1—3%, ніж при нахиленому на 15° положенні.

Результати досліджень теплових характеристик плоскої гравітаційної ТТ з ризьбовим випарником, заправленої фреоном R141b, вказують на те, що такі теплопередавальні пристрої можуть бути використані для ефективного охолодження електронних компонентів з високим тепловиділенням (від 40 до 80 Вт) в умовах вимушеної конвекції при орієнтації у просторі з перевищенням зони охолодження над зоною нагріву ТТ при кутах нахилу до горизонту від 15° до 90° .

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

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. 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, 101107. <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2021.101107>
2. Attia AAA, El-Nagar KH, El-Ghnam RI. An experimental study on the effect of internal helical groove with different pitches on heat pipe performance. *Ain Shams Journal of Mechanical Engineering*, 2009, № 2, p. 129–138.

L. Lipnitskyi, R. Melnyk, Yu. Nikolaenko

Effect of heat input and inclination angle on the thermal resistance of a flat gravity heat pipe with a treaded evaporator charged with freon 141b

Thermal characteristics of a flat copper gravity heat pipe (GHP) with a treaded evaporator charged with R141b refrigerant were compared for two positions of the HP in space: 90° and 15° relative to the horizon. The effect of the inclination angle on thermal resistance was demonstrated in the power range of 5 to 80 W.

Keywords: heat pipe, thermal transfer characteristics, treaded evaporator, GHP body shape.