

НОВИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО КОЕФІЦІЄНТА ЗАПОВНЕННЯ ТЕПЛОВИХ ТРУБ ТА ТЕРМОСИФОНІВ

Р. С. Мельник¹, д. т. н. Ю. Є. Ніколаєнко¹, д. т. н. В. Ю. Кравець¹,
Ph.D. Д. В. Пекур², к. т. н. Д. В. Козак¹, Л. В. Ліпницький¹

¹Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,

²Інститут фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова НАН України

Україна, м. Київ

yunikola@ukr.net, m.roman.kpi@gmail.com

Запропоновано новий метод зміни кількості рідини в замкнутому двофазному теплопередавальному пристрої. Описано конструкцію та методику проведення дослідження, яка дозволяє визначити оптимальні теплопередавальні характеристики теплової труби або термосифона з певними геометричними характеристиками залежно від коефіцієнта її заповнення теплоносієм. Запропонований підхід дозволяє зменшити кількість експериментальних зразків для проведення досліджень.

Ключові слова: тепла труба, термосифон, коефіцієнт заповнення, теплопередача.

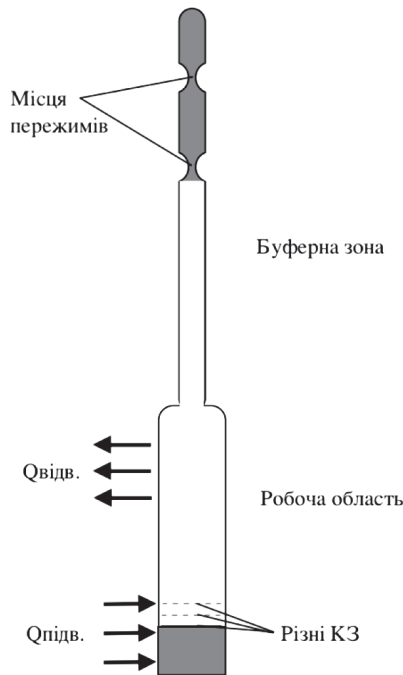
Теплові труби та термосифони як високоефективні теплопередавальні засоби знаходять широке застосування в системах охолодження приймально-передавальних модулів радіолокаційних станцій, світлодіодних освітлювальних пристроїв, мікропроцесорної техніки тощо. Ефективність функціонування двофазних теплопередавальних пристроїв, таких як теплові труби та термосифони, залежить від великої кількості факторів [1]. Одним з основних є коефіцієнт заповнення, який вказує на кількість теплоносія у теплопередавальному пристрої. Від цього параметра залежить як максимальна теплопередавальна здатність, так і термічний опір пристрою [2]. Складність проведення подібних досліджень полягає в необхідності проблема створення ідентичних умов проведення експериментальних досліджень, і для їх виконання необхідна досить велика кількість експериментальних зразків теплових труб або термосифонів, кожен з яких заповнюється певною кількістю теплоносія.

Метою цієї роботи є розробка нового методу визначення оптимального коефіцієнта заповнення двофазного теплопередавального пристрою з забезпеченням максимально можливих ідентичних умов проведення експериментальних досліджень.

Щоб забезпечити зміну тільки одного основного фактора — об'єму заповнення зони випаровування — на теплові характеристики теплопередавального пристрою, пропонується використовувати лише один експериментальний зразок (теплову трубу або термосифон) з герметично приєднаною до нього буферною ємністю. За допомогою цього додаткового об'єму можна змінювати коефіцієнт заповнення, не змінюючи інших параметрів системи, таких як ступінь вакуумування корпусу перед заповненням, параметри капілярної структури, структурні та фізико-хімічні параметри внутрішньої поверхні в зонах випаровування та конденсації, якість герметизації тощо.

В загальному вигляді експериментальний зразок двофазного теплопередавального пристрою розділено на дві області — робочу та буферну, як показано на рисунку. Робочою зоною є безпосередньо тепла труба або термосифон, де змонтовано нагрівач та охолоджувач. Буферна область являє собою трубку, герметично приєднану до робочої області за допомогою пайки високотемпературним припоєм. Внутрішній об'єм буферної зони має бути на 10—15% більшим за початковий об'єм теплоносія в системі. Внутрішній діаметр трубки буферної області має бути менший, ніж внутрішній діаметр досліджуваного об'єкта, щоб мати можливість точного регулювання коефіцієнта заповнення.

Проведення досліджень в загальному випадку не відрізняється від інших досліджень теплових характеристик двофазних пристроїв. Відмінністю є те, що для запобігання самовільного потрапляння в неї теплоносія температура буферу має бути більшою, ніж зони охолодження.



Конструктивна схема експериментального зразка теплопередавального пристрою для визначення впливу коефіцієнта заповнення

Початково теплопередавальний пристрій заправляють необхідною кількістю теплоносія залежно від геометричних параметрів. Після цього зразок монтують на експериментальний стенд та проводять необхідні дослідження теплових характеристик. Потім кількість теплоносія в робочій області зменшують на задану величину (крок). Для цього експериментальний зразок повертають, щоб весь теплоносій перетік в буферну зону. Для запобігання утворенню менісків рідини в буферній зоні, її попередньо ретельно теплоізолюють, а зразок, по можливості, деякий час піддають вібрації або струшують. Зменшення об'єму заповнення відбувається шляхом надійного перетискання буферної трубки на необхідній для цього відстані від її кінця, завдяки чому частина рідини залишається у виокремленому таким чином об'ємі буферної трубки. Потім експериментальний зразок повертають у попереднє положення та знову, по можливості, піддають вібрації або струшують, щоб теплоносій повернувся в робочу область. Знову проводять експеримент з іншим коефіцієнтом заповнення.

Повторюючи декілька разів описану процедуру, можна отримати залежність ефективності функціонування теплової труби або термосифона лише від коефіцієнта заповнення без зміни інших факторів впливу та знайти оптимальний об'єм заповнення.

Недоліком такої конструкції є обмеженість у виборі матеріалу буферної ємності, адже для герметизації шляхом перетискання матеріал буферної трубки має бути досить пластичним, наприклад мідь або алюміній. В більшості випадків теплові труби і термосифони виконують саме з таких матеріалів, що значною мірою нівелює цей недолік.

Таким чином, використання запропонованого методу визначення впливу коефіцієнта заповнення дозволяє виключити вплив інших факторів на результати досліджень. Регулювання кількості теплоносія може здійснюватися з досить високою точністю. Крім того, зменшується кількість зразків теплопередавальних пристроїв, необхідних для проведення експерименту.

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

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Reay D., McGlen R., Kew P. *Heat pipes: theory, design and applications*. Oxford, Elsevier Science & Technology Books, 2013.
2. Кравец В.Ю., Коньшин В.И., Голамерза Б., Салий Я.Н. Влияние коэффициента заполнения на интенсивность теплоотдачи в зоне испарения двухфазного термосифона. *Вісник НТУ «ХПИ»*, 2013, №16, с. 171–176.

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

A new method of measuring optimal filling factor of heat pipes and thermosyphons

The authors propose a new method of changing the filling factor of a closed two-phase heat transfer device. The paper describes the new design and experimental technique that allows determining the optimal heat transfer parameters of a heat pipe or a thermosyphon with a certain geometry depending on the filling factor. The proposed approach makes it possible to reduce the number of test samples required for the research.

Keywords: heat pipe, thermosyphon, filling ratio, heat transfer.