

ПОРІВНЯЛЬНІ ТЕПЛОПЕРЕДАВАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВОХ ТЕРМОСИФОНІВ РІЗНОЇ ДОВЖИНИ

Д. т. н. В. Ю. Кравець, к. т. н. В. І. Коньшин, Г. С. Шепель

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Україна, м. Київ
kravetz_kpi@ukr.net

Наведено отримані експериментальним шляхом теплопередавальні характеристики двофазних термосифонів з внутрішнім діаметром 9 мм і довжиною 500 та 700 мм, заправлених водою. Довжина зон нагріву і конденсації була однаковою. Показано вплив ефективної довжини термосифонів на значення максимального теплового потоку та еквівалентну теплопровідність.

Ключові слова: термосифон, ефективна довжина, термічний опір, тепловий потік.

Пошук способів підвищення теплопередавальних характеристик двофазних термосифонів з неорганізованою циркуляцією теплоносія пов'язано з оптимізацією їхніх геометричних характеристик.

Окрім внутрішнього діаметра термосифонів, на їхню спроможність передавати теплоту на деяку відстань також впливає ефективна довжина $l_{\text{еф}}$ (рис. 1) — відстань між серединами зон нагріву та конденсації. Тому у разі однакової довжини цих зон для організації відводу теплоти на деяку відстань необхідно знати характер впливу $l_{\text{еф}}$. Вплив багатьох інших факторів на теплопередавальну здатність термосифонів розглянуто в [1].

У цьому дослідженні проведено порівняння характеристик двох термосифонів із внутрішнім діаметром $d_{\text{вн}} = 9$ мм та довжиною 500 і 700 мм. Довжина зон нагріву ($l_{\text{зн}}$) та конденсації ($l_{\text{зк}}$) була однаковою і складала 200 мм. При цьому ефективна довжина $l_{\text{еф}}$ змінювалася від 300 до 500 мм. Теплоносієм слугувала дистильована вода. Об'єм теплоносія складав 30% від об'єму зони нагріву, що відповідає коефіцієнту заповнення $K_3 = 0,3$. Дослідження проводилися для вертикального розташування термосифонів. Температуру вимірювали за допомогою мідь-константанових термопар, які припаювалися до зовнішньої стінки по всій довжині термосифонів. Сигнал від термопар подавався на аналогово-цифровий перетворювач і далі на персональний комп'ютер. Результати досліджень, представлені на рис. 2, показали, що збільшення загальної довжини термосифона, а відповідно, й $l_{\text{еф}}$, призводить до зменшення максимальних теплових потоків Q , а термічний опір у діапазоні досліджених теплових потоків майже не змінюється.

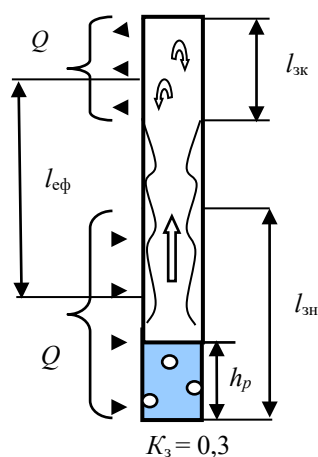


Рис. 1. Схема роботи двофазного термосифона

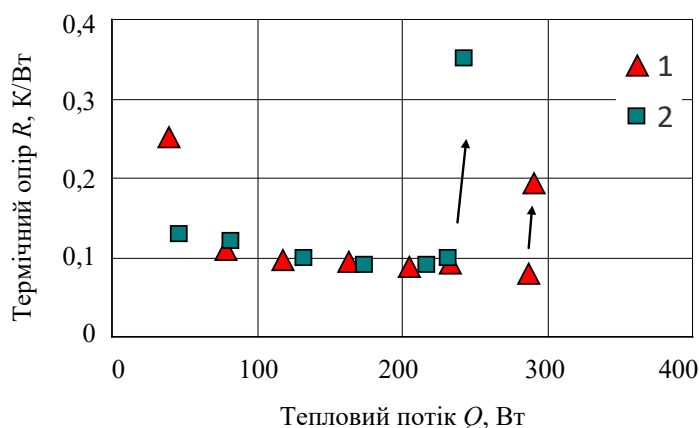


Рис. 2. Залежність термічного опору термосифонів з внутрішнім діаметром 9 мм та ефективною довжиною 300 мм (1) та 500 мм (2) від теплового потоку, що відводиться

Значення термічного опору у цьому дослідженні, починаючи зі значень теплового потоку 100 Вт, не перевищувало 0,1 К/Вт, що значно менше ніж в роботі [2] для термосифона довжиною 500 мм і внутрішнім діаметром 20,2 мм. Це можна пояснити впливом умов проведення експериментів: при зміні відведеного теплового потоку в [2] тиск підтримувався на постійному рівні, а в нашому дослідженні він змінювався при кожному значенні теплового потоку.

Еквівалентний коефіцієнт теплопровідності досліджених термосифонів можна розрахувати як

$$\lambda_{\text{екв}} = \frac{Q l_{\text{еф}}}{F_{TC} (\bar{t}_{\text{зн}} - \bar{t}_{\text{зк}})},$$

де F_{TC} — площа перерізу термосифона; $\bar{t}_{\text{зн}}$, $\bar{t}_{\text{зк}}$ — середня температура зон нагріву та конденсації.

З результатів розрахунку, наведених на рис. 3, видно, що $l_{\text{еф}}$ суттєво впливає на $\lambda_{\text{екв}}$. Збільшення $l_{\text{еф}}$ від 300 до 500 мм призводить до підвищення $\lambda_{\text{екв}}$ приблизно у 1,5 раза. При цьому дані [2] вказують також на те, що на еквівалентний коефіцієнт теплопровідності вибраного типу термосифона впливає його внутрішній діаметр. Максимальне значення $\lambda_{\text{екв}}$ не перевищує 5000 Вт/м·К.

На рис. 4 наведено залежність максимального теплового потоку від $l_{\text{еф}}$. Збільшення довжини $l_{\text{еф}}$ на 66% зменшує максимальний потік приблизно на 18% (рис. 4).

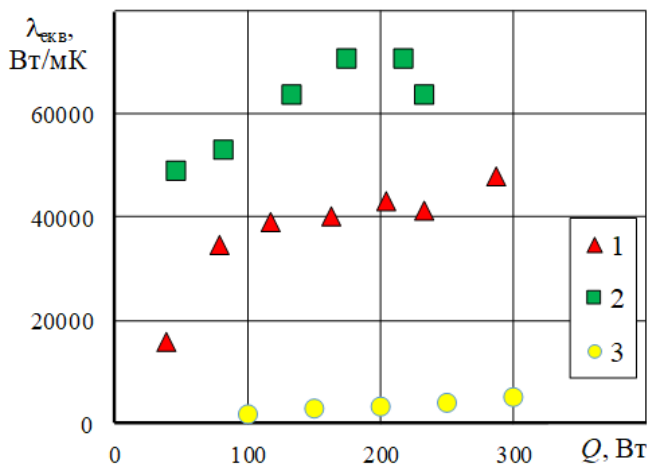


Рис. 3. Залежність еквівалентної теплопровідності від теплового потоку для термосифонів з різною ефективною довжиною $l_{\text{еф}}$:

1 — 300 мм; 2 — 500 мм; 3 — 300 мм [2]

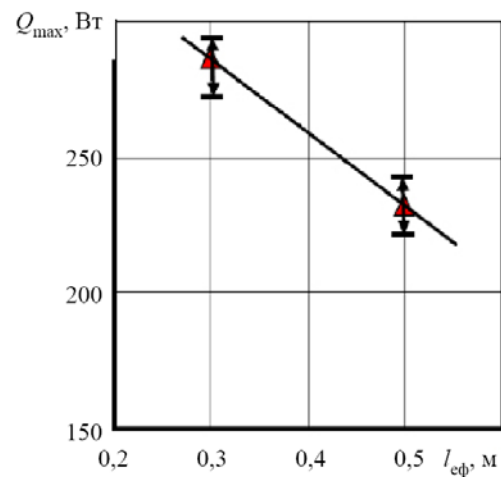


Рис. 4. Залежність максимального теплового потоку від ефективною довжини термосифонів

Таким чином, дослідження показало, що збільшення ефективною довжини термосифона при всіх інших однакових геометричних параметрах приводить до зменшення максимального теплового потоку та суттєвого підвищення еквівалентного коефіцієнта теплопровідності.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Кравець В.Ю. *Процеси теплообміну у мініатюрних випарно-конденсаційних системах охолодження*. Харків : ФОП Бровін О.В., 2018. 288 с.
2. Alizadeh M., Ganji D.D. Heat transfer characteristics of an external-fin-assisted two-phase closed thermosyphon: An experimental study. *Heat Transfer*, 2020, vol. 49, iss. 8, p. 4304 – 4320.

V. Yu. Kravets, V. I. Konshin, G. S. Shepel

Comparative heat transfer characteristics of two thermosyphons of different lengths

The paper presents the experimental data on the heat transfer characteristics of two two-phase thermosyphons with an internal diameter of 9 mm and lengths of 500 and 700 mm filled with water. The lengths of the heating and condensation zones are the same. The authors demonstrate the influence of the effective length of the thermosyphons on their maximum heat flux and equivalent thermal conductivity.

Keywords: thermosyphon, effective length, thermal resistance, heat flux.