

ТЕПЛООБМІН ПРИ КОНДЕНСАЦІЇ ПАРИ НА ГОРИЗОНТАЛЬНІЙ ОБЕРНЕНІЙ ВНИЗ ПОРИСТІЙ ПОВЕРХНІ

Л. В. Ліпницький, Р. С. Мельник, к. т. н. Н. Л. Лебедь

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

leonid.lipnitsky@gmail.com, m.roman.kpi@gmail.com, nata.lebeddom@gmail.com

Аналіз представлених результатів експериментального дослідження показує, що інтенсивність теплопередачі пористої поверхні у порівнянні з гладкою знижується, при цьому зменшується вплив зовнішніх умов охолодження парової камери на протікання процесу конденсації. Отримані результати можуть бути використані при проектуванні систем охолодження радіоелектронної апаратури на базі теплопередавальних пристроїв типу «парова камера».

Ключові слова: конденсація, інтенсивність теплопередачі, горизонтальна поверхня, пориста структура, парова камера.

Сучасна радіоелектронна апаратура містить велику кількість тепловидільних компонентів, перегрів яких може призвести до виходу з ладу як її частин, так і пристрою в цілому. Тобто забезпечення теплового режиму необхідний для підвищення надійності та довговічності апаратури. Така задача може бути вирішена шляхом використання теплопередавальних пристроїв типу «парова камера», які використовуються для ефективного тепловідведення, а також зменшення густини теплового потоку для спрощення подальшого тепловідведення. Дослідженню таких пристроїв присвячено велика кількість робіт, серед яких, наприклад [1], проте у їх переважній більшості досліджується термічний опір всього пристрою або ж визначається коефіцієнт теплопередачі у зоні нагріву, де відбувається процес кипіння теплоносія. Відсутність достатньої кількості інформації про процеси конденсації в таких системах призводить до необхідності проведення досліджень у цьому напрямку. Певний інтерес представляє дослідження інтенсивності процесу конденсації на пористій горизонтальній поверхні, яка обернена вниз, оскільки ці умови є найбільш наближеними до умов роботи парових камер.

Метою цієї роботи було на основі результатів дослідження інтенсивності зазначених процесів виконати оцінку впливу наявності металоволокнистої капілярної структури на коефіцієнт теплопередачі при конденсації.

Для проведення дослідження було розроблено експериментальну установку, яка являє собою герметичний посуд, в якому розміщено випарник (електронагрівач) для забезпечення повного витіснення газу, що не конденсується. На корпусі робочої камери встановлено додатковий конденсатор, який являє собою проточний теплообмінник типу труба в трубі і підтримує задану кількість теплоносія під час проведення всього експерименту. Для забезпечення сталого значення температури насичення у робочій камері на вході у кільцевий канал встановлено проточний водопідігрівач. Робоча ділянка монтується на корпус камери.

Металоволокниста капілярна структура (МВКС) дифузійно спікається на мідній основі товщиною 0,5 мм. Дослідження проводилось для наступних параметрів МВКС: діаметр волокна 20 мкм, довжина волокна 3 мм, товщина МВКС $\delta = 0,22\text{—}0,23$ мм, пористість $\Pi = 52, 80, 89\%$. Відносна інструментальна похибка визначення коефіцієнту тепловіддачі складає $\pm 8\%$.

Верифікацію експериментальної установки було виконано шляхом порівняння експериментальних даних на гладкій поверхні із теоретичною залежністю, яка представлена у [2].

На рис. 1 представлено результати візуалізації процесу конденсації на гладкій та пористій поверхнях. Внаслідок дії сил поверхневого натягу більш стійка ламінарна плівка утворюється на поверхні МВКС. Результати експериментального дослідження інтенсивності процесу конденсації на гладкій і пористих поверхнях представлено на рис. 2.

а)



б)

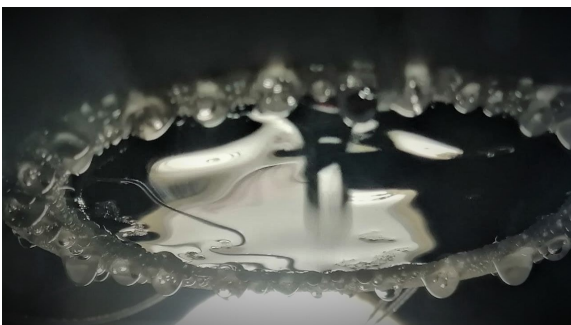


Рис. 1. Візуалізація процесу конденсації на горизонтальній оберненій вниз поверхні:
а — гладка поверхня;
б — поверхня з МВКС, пористість 89%

k , кВт/(м²К)

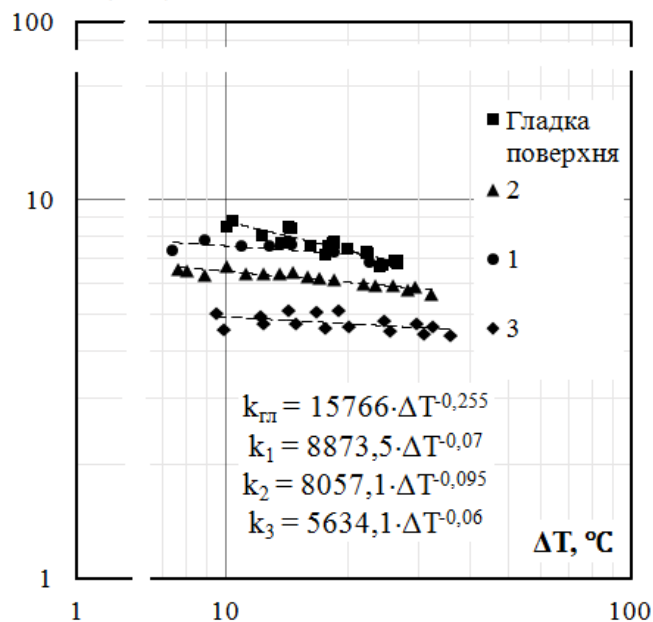


Рис. 2. Залежність від температурного напору коефіцієнта теплопередачі при конденсації на горизонтальній оберненій вниз пористій поверхні різної товщини δ та пористості Π :
1 — $\delta = 0,23$ мм, $\Pi = 52\%$; 2 — $\delta = 0,22$ мм, $\Pi = 80\%$;
3 — $\delta = 0,23$ мм, $\Pi = 89\%$

Аналіз залежностей, які представлено на рис. 2, показує, що коефіцієнт теплопередачі зменшується при збільшенні пористості МВКС через збільшення термічного опору насиченої рідиною МВКС. Більш низькопористі зразки за інтенсивністю теплообміну наближаються до гладкої поверхні.

За однакових інших умов, інтенсивність теплообміну при конденсації на горизонтальній оберненій вниз пористій поверхні нижчий, ніж гладкої поверхні, що зумовлено додатковим термічним опором, який вносить МВКС.

Таким чином, можна дійти висновку, що застосування пористих поверхонь зменшує залежність коефіцієнту теплопередачі від температурного напору між гладкою поверхнею та температурою насичення, що обумовлено умовами формування плівки на поверхні МВКС, які відрізняються від умов на гладкій поверхні.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Meng-Chang Tsai, Shing-Wen Kang, Kleber Viera de Paiva Experimental studies of thermal resistance in a vapor chamber heat spreader. *Applied Thermal Engineering*, 2013, №56, с. 38-44
2. Кутателадзе С. С. *Основы теории теплообмена*. Москва, Атомиздат, 1979.

L. V. Lipnitskyi, R. C. Melnyk, N. L. Lebed

Vapor condensation heat transfer on the downward facing horizontal porous surface

Analysis of the presented results of the experimental study shows that the heat transfer intensity decreases in comparison with the smooth surface, while the influence of the cooling conditions outside the vapor chamber on the condensation process decreases. The results obtained can be used to design cooling systems for radioelectronic equipment based on heat transfer devices of the vapor chamber type.

Keywords: condensation, heat transfer intensity, horizontal surface, porous structure, vapor chamber.