

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Мельника Романа Сергійовича

на тему: “Вплив параметрів капілярної структури на інтенсивність тепловіддачі при кипінні в умовах капілярного транспорту та субатмосферних тисках”,
представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії
в галузі знань 14 "Електрична інженерія"
за спеціальністю 144 "Теплоенергетика"

Актуальність теми дисертації

Сучасні тенденції збільшення потужності та зменшення розмірів елементів електронного обладнання потребує відведення від них великої кількості теплоти. Перспективним є застосування теплових труб, зокрема у вигляді парових камер. Для таких двофазних систем найважливішими параметрами ефективності (стосовно охолодження елементів електронного обладнання) є інтенсивність тепловіддачі в зоні випаровування та критичні теплові потоки, а також транспортна здатність пористої структури. В силу багатofакторності та стахостичності процесів у парових камерах з пористою структурою, їх теоретичне дослідження не результативне. Тільки експериментальні дослідження конкретних пристроїв в умовах, наближених до практичного застосування, можуть допомогти визначити раціональну конструкцію елементів теплопередавального приладу з пористою структурою, а також визначити максимальні теплові навантаження при їх експлуатації.

З урахуванням викладеного, експериментальне дослідження ефективності тепловіддачі при пароутворенні на пористих структурах в умовах наближених до умов функціонування двофазних теплопередавальних систем є перспективним, а робота Р.С. Мельника є актуальною.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірність та новизна

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Вперше було показано залежність коефіцієнтів рідинної проникності від напрямку фільтрації через зразки пористої металоволокнистої структури. Запропоновано нову залежність для визначення коефіцієнта проникності для таких умов.

2. Вперше показано, що значення коефіцієнтів рідинної проникності набувають майже однакових значень для зразків металоволокнистих пористих структур

виготовлених з різних діаметрів мідних волокон однакової довжини та з різною пористістю, проте мають однаковий ефективний діаметр пор. Таким чином доведено що основним впливаючим фактором на коефіцієнти рідинної проникності можна вважати ефективний діаметр пор за умов однакової довжини волокон.

3. Визначено залежність капілярного тиску для досліджуваних зразків з металоволокнистих структур від ефективного діаметру пор для чого було проведено комплексні дослідження капілярного напору для зразків з різними типами пористих структур.

4. Запропоновано нову залежність для визначення капілярного напору в залежності від ефективного діаметру пор.

5. Вперше було показано вплив субатмосферних тисків на ефективність тепловіддачі при кипінні води на пористих структурах різних типів в умовах капілярного транспорту теплоносія до робочої зони.

6. Проведено порівняння ефективності тепловіддачі при кипінні на порошкових та металоволокнистих пористих структурах в умовах субатмосферних тисків та капілярному транспорті теплоносія.

7. Вперше помічено вплив ефективних діаметрів пор зразків металоволокнистих структур та тиску насичення на граничні значення теплових потоків, та виявлено оптимальні значення ефективних діаметрів пор.

8. Отримано нові безрозмірні залежності для визначення ефективності тепловіддачі при описаних вище умовах, за умов використання води як робочої рідини.

9. На основі візуальних спостережень запропоновано фізичну модель пароутворення на пористих структурах, з розділенням на етапи. Якісна картина характерна як для металоволокнистих так і для порошкових пористих структур.

Дисертація містить обґрунтовані результати. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків, сформульованих у дисертації, підтверджується достатньою кількістю проведених теоретичних та експериментальних досліджень з використанням сучасних методів, які базуються на загальноприйнятих підходах щодо аналізу процесів теплопереносу. Отримані результати не суперечать висновкам відомих теорій. Результати досліджень пройшли апробацією на міжнародних наукових та науково-практичних конференціях, а також впроваджені у виробничий процес у «Науково-впроваджувальній фірмі «Теплові Технології».

Достовірність результатів досліджень забезпечується коректною постановкою завдань і виконаних досліджень; застосуванням оригінальних експериментальних установок і сучасних приладів для вимірювань фізичних величин; використанням сучасних методів обробки отриманих експериментальних даних, а також аналізом отриманих даних та даних інших дослідників.

Практичне значення результатів дисертаційної роботи полягає в тому, що вони в подальшому можуть використовуватися:

– при проектуванні нових двофазних теплопередаючих систем в яких використовуються пористі структури в зонах випаровування, а також в процесі їх експлуатації при визначенні раціональних режимів; отримані в дисертації результати дозволяють поглибити розуміння процесів у цих пристроях, і внаслідок цього підвищити ефективність термостабілізації різноманітного обладнання, зокрема елементів сучасних електронних систем;

– у навчальному процесі при підготовці спеціалістів за сп. 144 «Теплоенергетика» ОР магістр при викладанні дисциплін професійної спрямованості, а також при виконанні кваліфікаційних робіт.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Мельника Р.С. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 144 Теплоенергетика та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми Теплоенергетика.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям енергозбереження та підвищення ефективності теплоенергетичних систем.

Результати виконаного здобувачем дослідження свідчать про хороший науковий рівень дисертації і методичну цінність проведеної роботи. Отримані автором результати вирішують сформульовані в дисертації завдання і свідчать про теоретичне і практичне значення виконаних досліджень.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, зроблено висновок, що робота Мельника Р.С. є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, копіювання, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота написана українською мовою.

Зміст дисертації викладено послідовно, логічно та доступно. Дисертаційна робота написана коректною технічною мовою з використанням сучасної наукової термінології. Текст дисертації у достатньому для розуміння обсязі проілюстрована-

ний графічним матеріалом, таблицями тощо.

Робота складається зі вступу, п'ятих розділів, загальних висновків, списку використаних джерел, та додатків. Роботу викладено на 153 сторінках, містить 70 рисунків, 15 таблиць, список використаних джерел з 76 найменувань.

У вступі розглянуті актуальність, мета та задачі дослідження, наукова новизна та практична значущість роботи.

Перший розділ присвячений літературному огляду по основним типам теплопередавальних пристроїв на основі випарно-конденсаційного циклу роботи, в яких використовуються пористі структури. Показано пробіли у наявних на сьогодні роботах, сформульовано висновки та завдання дисертаційного дослідження.

Другий розділ присвячено визначенню коефіцієнтів рідинної проникності зразків металоволокнистих пористих структур вздовж площини войлокування. В результаті було визначено, що напрямок фільтрації рідини через пористий зразок впливає на коефіцієнт рідинної проникності. Було проаналізовано та запропоновано пояснення такого відхилення в результатах. Також було запропоновано залежності для розрахунку коефіцієнта рідинної проникності для умов фільтрації вздовж площини войлокування.

Третій розділ присвячений дослідженню капілярного напору для зразків металоволокнистих пористих структур в широкому діапазоні структурних характеристик, а саме діаметрів волокон та пористостей. Виявлено вплив напрямку фільтрації на коефіцієнт проникності за рахунок порівняння з опублікованими результатами подібних досліджень. Вперше було помічено, що залежність транспортних характеристик можна описувати відносно ефективного діаметру пор. Тобто результати однакові для зразків з однаковим ефективним діаметром пор, не зважаючи на те, що зразки виготовлені з волокон з різним діаметром та мають різні значення пористості.

У четвертому розділі представлено результати визначення коефіцієнтів тепловіддачі в залежності від режимних, структурних та геометричних факторів. В даній роботі, автором запропоновано конструкцію експериментального стенду, за допомогою якого можливе наближення до умов функціонування двофазних систем, а саме парових камер, як найбільш перспективного на даний час методу термостабілізації портативного електронного обладнання. В результаті порівняння різних зразків було виявлено, що ефективність тепловіддачі на порошкових капілярних структурах (ПКС) вища ніж для металоволокнистих капілярних структурах (МВКС) в умовах кипіння у великому об'ємі (ВО) дистильованої води та в умовах капілярного транспорту, проте граничні густини теплових потоків для МВКС мали вище значення на 12-96%. Зі зниженням температури насичення,

ефективність тепловіддачі для зразків зі спеченого порошку була нижча, ніж для зразків з МВКС. Граничні густини теплових потоків зразків виготовлених з металовойлоку також перевищували значення отримані для зразків порошкових КС.

П'ятий розділ присвячено розробці фізичної моделі пароутворення на пористих структурах та узагальненню отриманих даних. В результаті візуальних спостережень за зразками в ході основних досліджень, та співставлення їх зі значеннями температур, вперше було запропоновано класифікувати процеси пароутворення на КС в умовах капілярного транспорту за стадіями, з описанням цих стадій та можливими причинами їх виникнення. Було отримано критеріальні залежності виду $Nu=f(Re)$ для різних температур насичення, що описують експериментальні точки з максимальним відхиленням $\pm 30\%$. Також було проаналізовано залежність максимальної густини теплового потоку від структурних характеристик пористої структури. Вперше було помічено, що на граничне значення густини теплового потоку впливають значення ефективного діаметру пор зразка, а не параметри волокон з якого його виготовлено.

У висновках наведено узагальнення отриманих у дисертаційній роботі наукових й практичних результатів.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. №40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

Наукові результати дисертації висвітлені у 29 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 6 статей у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 4 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Scopus, з яких 4 стаття у виданнях, віднесених до першого-третього квартилів (Q1-Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports; 14 тез доповідей та матеріалів конференцій, 4-х патентах України: 3-х на корисну модель та 1 на винахід.

Всі представлені публікації виконані на високому рівні з усіма необхідними складовими, згідно до умов видавництва. Статті пройшли рецензування.

Аналіз публікацій здобувача дозволяє зробити висновок, що вони у достатній мірі охоплюють результати дисертаційного дослідження

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

Незважаючи на загальне позитивне враження від розглянутої дисертаційної роботи, вона містить деякі зауваження та дискусійні твердження, які наведено

нижче.

1. Розділ 1.6. Для обґрунтування вибору робочого тіла застосовувалось Число Меріта. Не зрозуміло, чи цей комплекс запропонований автором, або запозичений з літератури? Якщо з літератури, тоді потрібні посилання.

2. Рівняння Максвела (Розділ 4, рів. (4.19)), яке застосовувалось для розрахунку ефективної теплопровідності порошкової пористої структури, на думку рецензента, дає занижене значення теплопровідності в умовах фільтрації рідини. Рівняння не враховує розмір часток та пор (ці параметри також оказують вплив на ефективну теплопровідність).

3. Не зовсім зрозуміло, при розрахунку теплових втрат в експерименті враховувалися тільки втрати з циліндричної поверхні комірки? Чи враховувалися втрати теплоти від оглядових віконць? Не зрозуміло, де були встановлені термометри, показання яких використовувалися при обчисленні теплових втрат.

4. Не зрозуміло, яку функцію виконувала термометра, що розташована по центру комірки та спай якої поперемінно потрапляю то в рідку то в парову фазу під час кипіння у великому об'ємі (наприклад, рис. 5.2). Якщо вона вимірювала температуру насичення, тоді при кипінні в великому об'ємі термометра могла давати декілька завищених значень.

5. В розділі 5.2 для опису експериментальних даних з тепловіддачі при кипінні використовувалося рівняння, що пов'язує числа Нусельта та Рейнольдса, а також деякі геометричні параметри та теплофізичні властивості. Але не зрозуміло, чи автор сам запропонував це рівняння, або запозичив його з літератури (тоді потрібні посилання). Крім того, не зовсім зрозуміло як визначався ефективний діаметр пор Деф, тому що в розділі 5.2 наведено «Значення ефективних діаметрів для зразків були взяті з [34]», але в розділі 3.5 наведено «...значення Деф, обчислені за рівнянням...».

6. На рис. 4.1 (схема експериментальної установки) з метою спрощення розуміння схеми доцільно було б навести перелік її елементів у підпису.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертаційна робота Мельника Романа Сергійовича на тему “Вплив параметрів капілярної структури на інтенсивність тепловіддачі при кипінні в умовах капілярного транспорту та субатмосферних тисках ” виконана на ви-

сокому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є завершеним науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має суттєве значення для теплоенергетичної галузі. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Мельник Роман Сергійович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 14 "Електрична інженерія" за спеціальністю 144 "Теплоенергетика".

Офіційний опонент

професорка кафедри суднових допоміжних
установок і холодильної техніки

Національний університет

«Одеська морська академія» МОН України

доктор технічних наук, професор



Ольга ХЛІСВА

