

Процеси тепломасообміну і гідродинаміки у мініатюрних двофазних теплопередаючих системах

Процессы теплообмена и гидродинамики в миниатюрных двухфазных теплопередающих системах

Heat transfer and fluid dynamics in miniature two-phase heat transfer systems

1. Номер державної реєстрації - 0118U003539

2. Науковий керівник - д.т.н., ст.н.сп., Кравець В. Ю., Кравец В. Ю., Kravets Volodymyr

3. Суть розробки, основні результати.

(укр.) Вперше проведено комплексне дослідження процесів теплообміну і гідродинаміки при випаровуванні і конденсації в замкнених мініатюрних двофазних системах. Виявлено закономірності впливу геометричних і режимних факторів на термічний опір і максимальні теплові потоки мініатюрних теплових труб, термосифонів та пульсаційних капілярних теплових труб. Розроблено та представлено фізичну модель процесів теплообміну в умовах обмеженого простору при застосуванні в якості теплоносіїв ординарних рідин та нанорідин. Розкрито характер впливу основних факторів на процеси тепловіддачі. Отримано залежності для розрахунку інтенсивності тепловіддачі в зонах теплообміну мініатюрних термосифонів. Розкрито механізм пульсаційних явищ в мініатюрних термосифонах і виявлено вплив режимних і геометричних факторів на діапазон виникнення таких пульсацій.

Викладено нові підходи для інтенсифікації процесів пароутворення в зонах випаровування мініатюрних теплообмінних пристроїв та наведено їх конструкції з різними тепло передавальними характеристиками.

Приведено результати дослідження моделі взаємодії в кільцевих двофазних системах і визначення умов збереження стійкості плівкової течії при протитечійному русі газу і рідини у вертикальних каналах з сітчастим покриттям.

За результатами досліджень розроблені та виготовлені діючі зразки систем охолодження на основі мініатюрних двофазних систем із характеристиками, що перевищують кращі закордонні аналоги.

(рос.) Впервые проведено комплексное исследование процессов теплообмена и гидродинамики при испарении и конденсации в замкнутых миниатюрных двухфазных системах. Выявлены закономерности влияния геометрических и режимных факторов на термическое сопротивление и максимальные тепловые потоки миниатюрных тепловых труб, термосифонов и пульсационных капиллярных тепловых труб. Разработано и представлено физическую модель процессов теплообмена в условиях ограниченного пространства при применении в качестве теплоносителей ординарных жидкостей и наножидкостей.

Раскрыт характер влияния основных факторов на процессы теплоотдачи. Получены зависимости для расчета интенсивности теплоотдачи в зонах теплообмена миниатюрных термосифонов. Раскрыт механизм пульсационных явлений в миниатюрных термосифонах и выявлено влияние режимных и геометрических факторов на диапазон возникновения таких пульсаций.

Изложены новые подходы к интенсификации процессов парообразования в зонах испарения миниатюрных теплообменных устройств и приведены их конструкции с различными тепло передаточными характеристиками.

Приведены результаты исследования модели взаимодействия в кольцевых двухфазных системах и определения условий сохранения устойчивости пленочного течения при противоточной движении газа и жидкости в вертикальных каналах с сетчатым покрытием.

По результатам исследований разработаны и изготовлены действующие образцы систем охлаждения на основе миниатюрных двухфазных систем с характеристиками, превышающими лучшие зарубежные аналоги.

(англ.) For the first time a comprehensive study of the processes of heat transfer and hydrodynamics during evaporation and condensation in closed miniature two-phase systems was carried out. The regularities of the influence of geometric and regime factors on the thermal resistance and maximum heat fluxes of miniature heat pipes, thermosyphons and pulsating capillary heat pipes are revealed. The physical model of heat exchange processes in the conditions of limited space at application as heat carriers of ordinary liquids and nanofluids is developed and presented. The nature of the influence of the main factors on the heat transfer processes is revealed. Dependences for calculation of heat transfer intensity in heat exchange zones of miniature thermosyphons are obtained. The mechanism of pulsation phenomena in miniature thermosyphons is revealed and the influence of regime and geometric factors on the range of occurrence of such pulsations is revealed. New approaches for intensification of vaporization processes in the evaporation zones of miniature heat exchangers are presented and their designs with different heat transfer characteristics are given. The results of the study of the interaction model in annular two-phase systems and the determination of the conditions for maintaining the stability of the film flow during countercurrent motion of gas and liquid in vertical channels with a mesh coating are presented. According to the results of research, current samples of cooling systems based on miniature two-phase systems with characteristics exceeding the best foreign analogues have been developed and manufactured.

4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності

1. Рогачов В. А., Ніщик О. П., Вознюк М. М., Терех О.М., Руденко О.І. Теплообмінна труба / Патент на корисну модель. №125288 від 10.05.2018 р. Бюл. №9.
2. Терех О.М., Ніщик О. П., Вознюк М. М., Руденко О.І., Рогачов В. А. Теплообмінна труба / Патент на корисну модель. №129839 від 12.11.2018 р. Бюл. №21/2018.
3. Ніщик О. П., Терех О.М., Руденко О.І., Рогачов В. А., Кравець В.Ю. Трубчато-ребриста теплообмінна поверхня / Патент на корисну модель. №130683 від 26.12.2018 р. Бюл. №24/2018.
4. Ніщик О.П., Руденко О.І., Терех О.М., Вознюк М.М. Пасивна система охолодження трансформатора / Патент на корисну модель. №136468 від 10.11.2019 р. Бюл. №16/2019.
5. Ніщик О.П., Терех О.М., Руденко О.І., Вознюк М.М. Пластинчато-ребриста теплообмінна поверхня / Патент на корисну модель. № 140448 від 25.03.2020 р. Бюл. № 4/2020.
6. Письменний Є.М., Кравець В.Ю., Алексеїк Є.С., Ніщик О.П. Парова камера. Патент України на корисну модель № 129678. Опубл. 12.11.2018. Бюл. №21
7. Мариненко В.І., Кравець В.Ю., Островський Ю.В., Кулинич В.С. Елемент сонячного колектора/ Патент на корисну модель №132357 Україна: опубл. 25.02.2019, Бюл. № 4.
8. Ніколаєнко Ю.Є., Письменний Є.М., Дубровка Ф.Ф., Рева С.А., Баранюк О.В., Рогачов В.А., Кравець В.Ю., Паламарчук О.Я. Корпус модуля активної фазованої антенної решітки/ Патент на корисну модель №139015 Україна: опубл. 10.12.2019, Бюл. № 23.

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Результати проведених досліджень відповідають світовому рівню, а зразки мініатюрних теплових труб по своїм теплопередавальним характеристикам перевищують аналогічні закордонні приблизно у 2,5 рази.

6. Економічна привабливість для просування на ринок

Застосування в системах охолодження теплових труб з метало волоконною структурою дозволить знизити металоємність приладів приблизно у 2 рази і одночасно підвищити

потужність, що відводиться. Можлива розробка дослідно-промислових зразків мініатюрних систем охолодження і термостабілізації.

7. Потенційні користувачі

Мініатюрні системи охолодження можуть застосовуватись на підприємствах і в організаціях різних галузей промисловості де потрібно відводити значні теплові потоки при одночасному зменшенні масогабаритних показників приладів.

8. Стан готовності розробки

Розроблені зразки мініатюрних теплових труб можуть бути впроваджені у новітні електронні прилади.

9. Існуючі результати впровадження.

Розроблена система охолодження на базі гнучких мініатюрних теплових труб для HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LTD.

Форма участі інвестора

Частка в проекті 50 %,

Обсяг інвестицій – 134,0 тис. дол.

Мета інвестицій

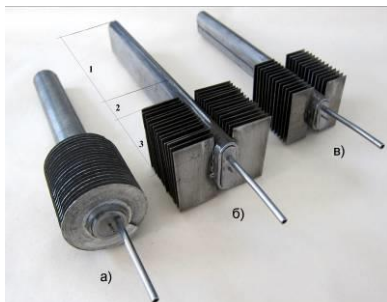
Розширення та оновлення експериментальної бази та оснащення сучасною апаратурою для проведення наукових досліджень.

10. Назва підрозділу, телефон, e-mail.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, теплоенергетичний факультет, кафедра атомних електричних станцій і інженерної теплофізики. Тел. 044-204-80-87. e-mail: aec_kpi@ukr.net

11. 1Фото зразків теплових труб.

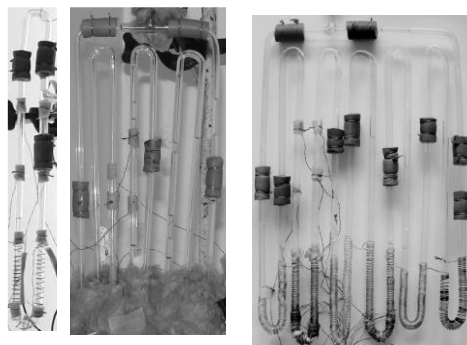
Сталеві термосифони плоскоовальної конструкції



Гнучкі мініатюрні теплові труби



Елемент конструкції парової камери



Експериментальні зразки пульсаційної капілярної теплової труби

12. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання

Монографії:

1. В.О. Туз, Н.Л. Лебедь Гідродинаміка і тепломасообмін газорідних потоків на капілярно-пористих структурах: монографія / Х.: ФОП Бровін О.В., 2018. – 220с.
2. В.Ю. Кравець. Процеси теплообміну у мініатюрних випарно-конденсаційних системах охолодження / Х.: ФОП Бровін О.В., 2018. – 288.

Статті

1. Bondarenko V. I., Moraru V. N., Kravets V. Yu., and Behmard G. The Effect of Nanofluids on the Heat-Transfer Capacity of Miniature Thermosyphons for Electronics Cooling Technical Physics Letters, 2019, Vol. 45, No. 3, pp. 298–302.
2. Бондаренко Б.И., Морару В.Н., Кравец В. Ю., Бехмард Г. Влияние наножидкостей на теплопередающую способность миниатюрных термосифонов для охлаждения электроники/ Письма в ЖТФ, 2019, том 45, вып. 6. с. 54-58.
3. Baranyuk A.V., Rogachov V.A., Zhukova Yu. V., Terekh A.M., Rudenko A. I. Experimental Investigation of Heat Transfer of Plane Heat-Removing Surfaces with Plate Finning. Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 2020. V. 93. No 4. P. 962-972.
4. Zhukova Yu.V., Terekh A.M., Isaev S.A., Pismenny E.N.. Aerodynamic and heat transfer characteristics of an oval-shaped tube at different Reynolds numbers. Heat Transfer Research. 2020. V.51 No.15. 1383-1397.
5. Кравец В.Ю., Мельник Р.С., Червонюк А.А., Шевель Є.В. Исследование проницаемости металловолоконных капиллярных структур тепловых труб для охлаждения электроники. Технология и конструирование в электронной аппаратуре, 2020, № 3–4, с. 35–40.
6. Kravets V. Yu., Hurov D. I. Heat transfer characteristics of miniature two-phase thermosyphons with nanofluids. Tekhnologiya i Konstruirovaniye v Elektronnoy Apparature, 2020, №. 3–4, pp. 41–46.
8. Рогачов В.А., Терех О.М., Баранюк О.В. CFD-моделирование теплоаэродинамических характеристик поверхности з гвинтоподобных труб // Вісник Національного технічного університету „ХПІ”. Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – 2018. – № 11 (1287). – С. 56-63.
9. Баранюк А.В., Терех А. М., Янушевский В.В. CFD - моделирование аэродинамического сопротивления пучков винтообразных труб // Энергетика: економіка, технології, екологія. – 2018. № 1. – С. 116-124.
10. Рева С.А., Терех А.М., Рогчев В.А., Руденко А. И. Оценка теплоаэродинамической эффективности пакетов винтообразных труб // Энергетика: економіка, технології, екологія. – 2018. № 2. – С. 37-44.
11. Руденко А.И., Подлесная Е.А., Терех А.М., Нищик А.П. Инновационное оборудование для нефтеперерабатывающих и асфальтобетонных предприятий / Энергетика: економіка, технології, екологія. – 2018. № 3. – С.
12. Zhukova Yu.V., Terekh A.M., Rudenko A.I. Convective heat transfer and drag of two side-by-side tubes in the narrow channel at different Reynolds number/ Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus (Доклады Национальной академии наук Беларуси). – 2018. – Т.62. – №6. – С. 756-762.
13. Nikolaenko Yu. E., Alekseik Ye.S., Kozak D.V., Nikolaienko T.Yu. Research on two-phase heat removal devices for power electronics. Thermal Science and Engineering Progress, 8 (2018) December P. 418-425.
14. Baranyuk A.V., Nikolaenko Yu.E., Rohachev V.A., Terekh A. M., Krukovskiy P.G. Investigation of the flow structure and heat transfer intensity of surfaces with split plate finning. Thermal Science and Engineering Progress. June 2019. - V.11. P. 28-39.

15. Y.E. Nikolaenko, A.V. Baranyuk, V.A. Rohachov, A.M. Terekh. Numerical study of heat and aerodynamic drag of the radiator with lamellar split finning / Archives of thermodynamics. 2020, V.41. No 1. P. 67-93.
16. V.A. Rohachev, O.M. Terekh, A.V. Baranyuk, Yu.E. Nikolaenko, Yu.V. Zhukova, A.I. Rudenko. Heataerodynamic efficiency of small size heat transfer surfaces for cooling thermally loaded electronic components. Thermal Science and Engineering Progr. 2020. 20. 100726. 12 P.
17. Baranyuk A.V., Rogachov V.A., Zhukova Yu. V., Terekh A.M., Rudenko A. I. Experimental Investigation of Heat Transfer of Plane Heat-Removing Surfaces with Plate Finning. Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 2020. V. 93. No 4. P. 962-972.
18. Yu.V. Zhukova, A.M. Terekh, S.A. Isaev, E.N. Pismenny. Aerodynamic and heat transfer characteristics of an oval-shaped tube at different Reynolds numbers. Heat Transfer Research. 2020. V.51 No.15. 1383-1397.
19. Zhukova Yu.V., Terekh A.M., Rudenko A.I. Convective heat transfer and drag of two side-by-side tubes in the narrow channel at different Reynolds number/ Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus (Доклады Национальной академии наук Беларуси). – 2018. – Т.62. – №6. – С. 756-762.
20. Баранюк А.В., Рогачов В.А., Жукова Ю.В., Терех А.М., Руденко А.И. Экспериментальное исследование теплообмена плоских теплоотводящих поверхностей с пластинчатым оребрением / Инженерно-физический журнал. 2020. Т.93. № 4. С. 996-1007.
21. Рогачов В.А., Терех О.М., Баранюк О.В. CFD-моделивання теплоаеродинамічних характеристик поверхні з гвинтоподібних труб / В. А. Рогачов // Вісник Національного технічного університету „ХПІ”. Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – 2018. – № 11 (1287). – С. 56-63.
22. Баранюк А.В., Терех А. М., Янушевский В.В. CFD - моделирование аэродинамического сопротивления пучков винтообразных труб // Энергетика: економіка, технології, екологія. – 2018. № 1. – С. 116-124.
23. Рева С.А., Терех А.М., Рогачев В.А., Руденко А. И. Оценка теплоаэродинамической эффективности пакетов винтообразных труб // Энергетика: економіка, технології, екологія. – 2018. № 2. – С. 37-44.
24. Терех А.М., Баранюк А.В., Кондратюк В. А., Рогачов В.А., Руденко А. И. Теплообмен поперечно-омываемых пакетов плоскоовальных труб / Энергетика: економіка, технології, екологія. – 2019. № 2. – С. 39-47.

13. Ключові слова до розробки

МІНІАТЮРНА ТЕПЛОВА ТРУБА, ТЕРМОСИФОН, ІНТЕНСИВНІСТЬ ТЕПЛООБМІНУ, ТЕРМІЧНИЙ ОПІР, СИСТЕМА ОХОЛОДЖЕННЯ