

Процеси генерації пари новітніх теплоносіїв в замкнених мініатюрних випарно-конденсаційних системах космічного призначення

Процессы генерации пара новых теплоносителей в замкнутых миниатюрных испарительно-конденсационных системах космического назначения

The processes of vapor generating in closed miniature evaporation-condensation systems with new coolants for space purposes

- 1. Номер державної реєстрації 0115U000353,**
- 2. Науковий керівник - д.т.н., ст.н.сп., Кравець В. Ю., Кравець В. Ю., Kravets Volodymyr**

3. Суть розробки, основні результати. (укр.)

Вперше проведено комплексне дослідження процесів теплообміну в стислих умовах в випарно-конденсаційних системах. Розроблено та представлено фізичну модель процесу кипіння на пористих поверхнях в умовах обмеженого простору. Отримано залежності для розрахунку інтенсивності тепловіддачі в таких умовах, що необхідно для створення мініатюрних систем охолодження мікросхем та потужних процесорів електронного обладнання. Розкрито механізм пульсаційних явищ в мініатюрних термосифонах і отримано залежності, що дозволяють розраховувати амплітуду і період пульсацій температури в зоні нагріву. Виявлено вплив режимних і геометричних факторів на діапазон виникнення таких пульсацій температури.

Дослідження інтенсивності тепловіддачі в зонах нагріву та конденсації в мініатюрних випарно-конденсаційних системах з різними теплоносіями показало шляхи підвищення теплопередавальної здатності мініатюрних теплових труб термосифонів і пульсаційних теплових труб. Розкрито характер впливу основних факторів на процеси тепловіддачі. Отримано нові залежності для розрахунку теплопередавальних характеристик (інтенсивність теплообміну, термічного опору і максимальних теплових потоків) мініатюрних випарно-конденсаційних систем та розроблено рекомендації для подальшого використання таких пристроїв в енергетичному обладнанні як наземного, так і космічного застосуванні. За результатами досліджень розроблені та виготовлені діючі зразки систем охолодження із характеристиками, що перевищують кращі закордонні аналоги. Визначено критерійні залежності для розрахунку інтенсивності процесів тепловіддачі в зонах підводу теплоти у мініатюрних теплових трубах і термосифонах. Представлено методику розрахунку теплопередавальних характеристик мініатюрних теплових труб, термосифонів і капілярних пульсаційних теплових труб для створення сучасних систем охолодження з високими теплопередаючими характеристиками.

(рос.)

Впервые проведено комплексное исследование процессов теплоотдачи в стесненных условиях в испарительно-конденсационных системах. Разработано и представлено физическую модель процесса кипения на пористых поверхностях в условиях ограниченного пространства. Получены зависимости для расчета интенсивности теплоотдачи в таких условиях, что необходимо для создания миниатюрных систем охлаждения микросхем и мощных процессоров электронного оборудования. Раскрыт механизм пульсационных явлений в миниатюрных термосифонах и получены зависимости, позволяющие рассчитывать амплитуду и период пульсаций температуры в зоне нагрева. Вывявлено влияние режимных и геометрических факторов на диапазон возникновения таких пульсаций температуры.

Исследование интенсивности теплоотдачи в зонах нагрева и конденсации в миниатюрных испарительно-конденсационных системах с различными теплоносителями показало пути повышения теплопередающих способностей миниатюрных тепловых труб термосифонов и пульсационных тепловых труб. Раскрыт характер влияния основных

факторов на процессы теплоотдачи. Получены новые зависимости для расчета теплопередающих характеристик (интенсивность теплообмена, термического сопротивления и максимальных тепловых потоков) миниатюрных испарительно-конденсационных систем и разработаны рекомендации для дальнейшего использования таких устройств в энергетическом оборудовании как наземного, так и космического применения. По результатам исследований разработаны и изготовлены действующие образцы систем охлаждения с характеристиками, превышающими лучшие зарубежные аналоги. Определены критериальные зависимости для расчета интенсивности процессов теплоотдачи в зонах подвода теплоты в миниатюрных тепловых трубах и термосифонах. Представлены методики расчета теплопередающих характеристик миниатюрных тепловых труб, термосифонов и капиллярных пульсационных тепловых труб для создания современных систем охлаждения с высокими теплопередающими характеристиками.

(англ.)

A complex study of heat transfer processes in constrained conditions in evaporative-condensation systems was carried out for the first time. A physical model of the boiling process on porous surfaces in conditions of limited space was developed and presented. Dependencies for calculating the heat transfer intensity under such conditions have been obtained. Such dependencies are necessary to create miniature cooling systems for microchips and powerful processors of electronic equipment. The mechanism of pulsation phenomena in miniature thermosyphons was disclosed, and dependencies for calculation of the amplitude and period of temperature pulsations in the heating zone were obtained. The influence of regime and geometric factors on the range of occurrence of such temperature pulsations was revealed.

The study of the heat transfer intensity in the heating and condensation zones in miniature evaporative-condensation systems with various heat carriers has shown ways of improving the heat transfer capabilities of miniature heat pipes, thermosyphons and pulsation heat pipes. The nature of the influence of the main factors on heat transfer processes was revealed. New dependencies for calculating the heat transfer characteristics (heat transfer intensity, thermal resistance and maximum heat flux) of miniature evaporative-condensation systems have been obtained and recommendations for the further application of such devices in power equipment of both terrestrial and space applications have been developed. Based on the research results, operating samples of cooling systems with characteristics exceeding the best foreign counterparts have been developed and manufactured. Criteria dependencies for calculating the intensity of heat transfer processes in heat input zones of miniature heat pipes and thermosyphons were determined. The methods for calculating the heat transfer characteristics of miniature heat pipes, thermosyphons and capillary pulsation heat pipes were presented. These methods allow to create modern cooling systems with high heat transfer characteristics.

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

- Патент на полезную модель RU 152781 U1, Светодиодный модуль / Николаенко Ю.Е., Кравец В.Ю., Постол А.С., Алексеик Е.С., Руденко А.И., Хмелев Ю.А – опубл. 20.06.2015, Бюл. № 17.
- Патент на корисну модель № 95741 Україна: Спосіб виготовлення теплової труби / Никитюк П.С., Николаенко Ю.Е., Кравец В.Ю., Паламарчук О.Я., Хмельов Ю.О., Кравец Д.В. – опубл. 12.01.2015, Бюл. № 1.
- Патент України на корисну модель № 107114. Пульсаційний термосифон / Кравец В.Ю., Паламарчук О.Я., Наумова А.М. Опубл. 25.05.2016. Бюл. №10.

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 блока живлення космічного апарата проекту MASCOT для Європейського космічного агентства.

10. Форма участі інвестора

Частка в проекті 50 %,

11. Обсяг інвестицій – 100,0 тис. дол.

12. Мета інвестицій

Розширення та оновлення експериментальної бази та оснащення сучасною лабораторною апаратурою.

13. 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

14. Фото зразків теплових труб.



Зразки теплових труб для системи охолодження блока живлення космічного апарату по проекту MASCOT



Макетний зразок системи охолодження процесора на основі пульсуючої теплової труби



Експериментальний зразок пульсуючої капілярної теплової труби

15. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання

1. Влияние свойств капиллярной структуры на интенсивность теплоотдачи при кипении в ограниченном объеме / А.А. Баскова, В.Ю. Кравец, О.С. Алексеик, Н.Л. Лебедь // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – Вып. 2/8(74). – С. 42–46.

2. MASCOT thermal subsystem design challenges and solution for contrasting requirements / L.Celotti, M. Sołyga, R. Nadalini, V.Kravets, S. Khairnasov, V.Baturkin, C. Lange, R. Findlay, Ch.Ziach, Tra-Mi Ho // 45th Int. Conf. on Environmental Systems ICES-2015-83 12-16 July 2015, Bellevue, Washington. – P. 1–8.

3. Heat pipes with variable thermal conductance property developed for space applications / Kravets V., Aleksei Y., Aleksei O., Khairnasov S., Baturkin V., T.No, Celotti L.// Joint 18th IHPC and 12th IHPS, Jeju, Korea, June 12-16. 2016, pp.103-110.
4. Тепловые трубы и перспективы использования их в изделиях двойного назначения / Кравец В.Ю., Николаенко Ю.Е., Хайрнасов С.М., Рассамкин Б.М.// Збірник наукових праць Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України, 2017. – С. 96-98.
5. Влияние основных ограничивающих факторов на пределы теплопереноса в тепловых трубах с различными теплоносителями/ Мельник Р. С., Николаенко Ю. Е., Кравец В. Ю., Алексеик Е. С. // Технология и конструирование в электронной аппаратуре, № 1-2, 2017. с. 47 – 54.
6. Heat pipes with variable thermal conductance property developed for space applications./ V. Kravets, Ye. Aleksei, O. Aleksei, S. Khairnasov, V.Baturkin, T. No, L. Celotti // Journal of Mechanical Science and Technology. 2017, № 31(6), pp.2613-2620.
7. Алексеїк Є.С. Вплив режимних та геометричних факторів на теплопередаючі характеристики пульсаційних теплових труб: Дис. канд. техн. наук. – Київ, 2015. – 150 с.
8. Наумова А.М. Теплопередаючі характеристики пульсаційних капілярних теплових труб для малогабаритних систем охолодження: Дис. канд. техн. наук. – Київ, 2016. – 124 с.
9. Кравец В.Ю. Теплообмін в мініатюрних випарувально-конденсаційних системах охолодження: Дис. докт. техн. наук. – Київ, 2016. – 319 с.

16. Ключові слова до розробки: МІНІАТЮРНА ТЕПЛОВА ТРУБА, ТЕРМОСИФОН, ІНТЕНСИВНІСТЬ ТЕПЛООБМІНУ, ТЕРМІЧНИЙ ОПІР, СИСТЕМА ОХОЛОДЖЕННЯ