

Розробка та дослідження перспективних мініатюрних енергозберігаючих пристроїв на основі випарно – конденсаційного циклу.

Разработка и исследование перспективных миниатюрных энергосберегающих устройств на основе испарительно-конденсационного цикла.

Development and investigation of perspective miniature energy saving devices on based of evaporating - condensation cycle.

1. Номер державної реєстрації - № 0109U000475

2. Науковий керівник: Кравець Володимир Юрійович, к.т.н., доцент кафедри АЕС і ІТФ, Кравець Владимир Юрьевич, Kravetz V.Ju.

3. Суть розробки, основні результати:

(укр.)

Аналіз літературних даних показав, що сучасний стан мініатюризації електронної техніки потребує створення нових малогабаритних систем охолодження, здатних відводити значні теплові навантаження. В межах цієї проблеми було створено теоретичне обґрунтування доцільного використання мініатюрних теплових труб, термосифонів та пульсаційних капілярних теплових труб у системах охолодження для широкого спектру потужних елементів мікроелектронної техніки. Запропоновано математичну модель для опису процесів теплообміну в умовах зменшення внутрішнього простору термосифонів та мініатюрних і пульсаційних капілярних теплових трубах. Критерієм, який характеризує перехід від великого простору до зменшеного, є число Бонда (Bo). При $Bo^{0.5} < 1$ умови теплообміну змінюються і існуючі залежності не дозволяють розрахувати інтенсивність тепловіддачі в умовах зменшеного парового простору. Для вивчення цього процесу було створено декілька конструкцій мініатюрних теплових труб зовнішнім діаметром від 3мм до 6 мм (внутрішній діаметр парового простору – від 1,2мм до 4мм). Було показано, що зменшення діаметр парового простору приводить до значного підвищення термічного опору і зменшення теплових потоків, що передаються. Візуалізація процесів пароутворення була проведена на скляних мініатюрних термосифонах і пульсаційних капілярних теплових трубах. На основі такого кінематографічного дослідження гідравлічних характеристик процесів руху парорідинної суміші у термосифонах та пульсаційних капілярних теплових трубах отримано нові дані о пульсаціях температури в зонах теплообміну в залежності від теплового потоку, що передається. В результаті дослідження теплопередаючих характеристик вперше отримано нові залежності коефіцієнтів тепловіддачі в зонах теплообміну від теплового потоку. Одержано нові дані по максимальним тепловим потокам, які можуть передавати мініатюрні теплові труби та термосифони. Визначено критеріальні залежності для розрахунку інтенсивності процесів тепловіддачі в зонах підводу теплоти у мініатюрних теплових трубах і термосифонах. Проведено аналіз процесів пароутворення при мініатюризації пристроїв на основі випарно-конденсаційного циклу.

На основі проведених досліджень створено систему охолодження процесора потужного герметичного комп'ютера, де в якості елементів передачі теплової енергії застосовуються мініатюрні теплові труби. Також створено макет системи охолодження процесора комп'ютера на базі пульсаційної капілярної теплової труби. Розроблено методику розрахунку мініатюрних теплових труб та рекомендації для створення сучасних систем охолодження з високими теплопередаючими характеристиками.

(рос.)

Анализ литературных данных показал, что современное состояние миниатюризации электронной техники требует создания новых малогабаритных систем охлаждения, способных отводить значительные тепловые нагрузки. В рамках этой проблемы было сделано теоретическое обоснование целесообразности использования миниатюрных тепловых труб, термосифонов и пульсационных капиллярных тепловых труб в системах охлаждения для широкого спектра мощных элементов микроэлектронной техники. Представлено математическую модель для описания процессов теплообмена в условиях

уменьшения внутреннего пространства в термосифонах, миниатюрных и пульсационных капиллярных тепловых трубах. Критерием, который характеризует переход от большого пространства к уменьшенному, есть число Бонда (Bo). При $Bo^{0.5} < 1$ условия теплообмена изменяются и существующие зависимости не позволяют рассчитать интенсивность теплоотдачи в условиях уменьшения парового пространства. Для изучения этого процесса было создано несколько конструкций миниатюрных тепловых труб внешним диаметром от 3 мм до 6 мм (внутренний диаметр парового пространства – от 1,2 мм до 4 мм). Было показано, что уменьшение диаметра парового пространства приводит к значительному повышению термического сопротивления и уменьшению передаваемых тепловых потоков. Визуализация процессов парообразования была проведена на стеклянных миниатюрных термосифонах и пульсационных капиллярных тепловых трубах. На основе такого кинематографического исследования гидравлических характеристик процессов движения парожидкостной смеси в термосифонах и пульсационных капиллярных тепловых трубах получены новые данные о пульсациях температуры в зонах теплообмена в зависимости от передаваемого теплового потока. В результате исследования теплопередающих характеристик впервые выявлены новые зависимости коэффициентов теплоотдачи в зонах теплообмена от теплового потока. Получены новые данные по максимальным тепловым потокам, которые могут передавать миниатюрные тепловые трубы и термосифоны. Определены критериальные зависимости для расчета интенсивности процессов теплоотдачи в зонах подвода теплоты в миниатюрных тепловых трубах и термосифонах. Проведен анализ процессов парообразования при миниатюризации систем охлаждения на основе испарительно-конденсационного цикла.

На основе проведенных исследований создано систему охлаждения процессора мощного герметичного компьютера, где в качестве элементов передачи тепловой энергии применяются миниатюрные тепловые трубы. Также изготовлен макет системы охлаждения процессора компьютера на базе пульсационной капиллярной тепловой трубы. Разработана методика расчета миниатюрных тепловых труб и рекомендации для создания современных систем охлаждения с высокими теплопередающими характеристиками.

(англ.)

Analysis of literature sources had shown that up-to-date state of miniaturization of electronic devices needs the development of new small-size cooling systems, which are capable to reject great heat fluxes. Within the bounds of this problem theoretical ground of advisability of using miniature heat pipes, thermosyphons and oscillating heat pipes in cooling systems for a wide range of powerful elements of microelectronic technics was found. Mathematical model of heat transfer processes in conditions of decreasing inner space in thermosyphons, miniature and oscillating heat pipes was presented. Transfer from large space to small space is determined by the Bond number (Bo). There are some changes in heat transfer conditions when $Bo^{0.5} < 1$ and, therefore, existing relations are inadequate for calculating heat transfer intensity in conditions of decreasing vapour space. For investigation of this process a couple of miniature heat pipes with outer diameter from 3 mm to 6 mm (inner diameter of vapour space – from 1,2 mm to 4 mm) were produced. Was shown, that decreasing of vapour space diameter results in great increasing of thermal resistance and decreasing of transferred heat fluxes. Visualisation of vapour generating processes was carried out on glass miniature thermosyphons and oscillating heat pipes. New data about dependence of pulsations of temperature in heat transfer zones from transferred heat flux were obtained due to such cinematographic investigation of hydraulic characteristics of liquid-vapor mixture flow in thermosyphons and oscillating heat pipes. As a result of heat transfer characteristic investigation new relations between heat transfer coefficients in heat transfer zones and heat flux were obtained at a first time. New data about maximum heat fluxes transferred by miniature heat pipes and thermosyphons were recovered. Criteria relations for calculating of heat transfer intensity in heating zones of miniature heat pipes and thermosyphons were determined. Analysis of vapor generating processes in conditions of miniaturization of cooling systems based on evaporating-condensation cycle was conducted.

Miniature heat pipe cooling system for central processor unit of powerful hermetical computer was created on base of conducted investigations. Prototype of oscillating heat pipe cooling system for central processor unit of computer was also produced. Methods of calculation of characteristics of miniature heat pipes and recommendations for creation of up-to-date cooling systems with high heat transfer behaviors are developed.

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

- Патент України на корисну модель № 44008. Спосіб виготовлення біметалевої спіральньо-оребреної труби/ Руденко О.І., Ніщик О.П. Опубл. у бюл. № 17, 2009.
- Патент України на корисну модель №61352. Пристрій для охолодження електронних компонентів/ Бухтияров Ю.В., Штурма И.Ю., Кравец В.Ю., Паламарчук А.Я. Опубл. 11.07.2011. Бюл. №13.
- Патент Російської Федерації №108264. Охлаждающее устройство для электронных компонентов/ Бухтияров Ю.В., Штурма И.Ю., Кравец В.Ю., Паламарчук А.Я. Опубл. 10.09.2011. Бюл. №25.

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Результати роботи відповідають світовому рівню у даній галузі. Отриманні експериментальні дані розкривають нові фізичні явища при мініатюризації випарно-конденсаційних систем. Розроблені мініатюрні теплові труби за своїми показниками по теплопередаючим характеристикам значно перевищують існуючі світові аналоги.

6. Економічна привабливість розробки для просування на ринок, впровадження та реалізації, показники, вартість.

Отриманні нові дані експериментальних досліджень та методики розрахунку дадуть змогу підвищити теплопередаючі характеристики проєктованих систем охолодження малогабаритних пристроїв. Результати, які будуть впроваджені в практику, забезпечать істотне підвищення економічності, надійності і довготривалості функціонування багатьох типів систем охолодження. Економічний ефект від впровадження нових систем забезпечення відводу значних теплових потоків від потужних малогабаритних пристроїв полягає в заміні закордонних систем аналогічного класу вітчизняними, повному виключенні затрат на імпорт і зменшенні терміну окупності. Розроблені мініатюрні теплові труби за своїми показниками по теплопередаючим характеристикам в 1,5...2 рази перевищують існуючі світові аналоги. Вартість однієї мініатюрної труби, в залежності від габаритів, лежить на рівні світових цін, а в деяких випадках і значно нижча.

7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, відомства, підприємства, організації).

Галузь використання результатів досліджень охоплює досить велику кількість напрямків. Від створення мініатюрних пристроїв для охолодження теплонавантажених елементів електронної техніки до використання мініатюрних теплових труб, термосифонів та пульсаційних капілярних теплових труб у енергозберігаючому обладнанні.

Підприємства НВО “Електронмаш”, ЦКБ “Арсенал, НВО “Атом Комплекс Прилад”, ООО “Відео Інтернет Технології” та інші зацікавлені у впровадженні у виробництво мініатюрних пристроїв на основі ефективних систем охолодження з мініатюрними тепловими трубами та пульсаційними тепловими трубами.

8. Стан готовності розробки.

Сьогодні створена науково-технологічна база для дослідження та розробки перспективних ефективних систем охолодження на базі мініатюрних теплових труб, термосифонів і пульсаційних капілярних теплових труб. Стан готовності розробки у вигляді макетних зразків.

9. Існуючі результати впровадження:

Результати та висновки роботи використані при розробці системи охолодження потужного процесора промислового герметичного комп'ютера у вигляді зразків мініатюрних теплових труб для підприємства ООО “Відео Інтернет Технології”.

10. Назва підрозділу, телефон, e-mail: НТУУ "КПІ", теплоенергетичний факультет (ТЕФ), кафедра атомних електричних станцій та інженерної теплофізики (АЕС та ІТФ), робочий тел. факс: (044) 406-80-87. e-mail: kravetz_kpi@ukr.net



Макети об'єктів дослідження

11. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання:

- опубліковані статті:

1. Наумова А.Н., Кравец В.Ю. Технологические аспекты изготовления плоской пульсационной тепловой трубы// Збірник наук. праць СНУЯЕ та П, Севастополь 2009.- Вип. №1(29) - с. 120 – 127.
2. Кравец В.Ю., Письменный Е.Н., Коньшин В.И. Пульсационные явления в закрытых двухфазных термосифонах // Збірник наук. праць СНУЯЕ та П, Севастополь 2009.- Випуск 4(32) - с. 39 – 46.
3. Кравец В.Ю., Письменный Е.Н., Коньшин В.И., Бехмард Голамреза Влияние режимных факторов на теплопередающие характеристики двухфазных термосифонов// Збірник наук. праць СНУЯЕ та П, Севастополь 2010.- Випуск 4(36) - с. 41 – 49.
4. Кравец В.Ю., Наумова А.Н., Вовкогон А.М. Исследование режимов теплообмена в пульсационной тепловой трубе// Технология и конструирование в электронной аппаратуре, № 1, 2010. с.39-43.
5. Наумова А.Н., Кравец В.Ю. Исследование теплоотдачи в пульсационной тепловой трубе // Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 2010. – Вып. 3/10(45), с.29-32.
6. Кравец В.Ю., Алексеик Е.С. Влияние количества витков на теплопередающие характеристики пульсационных тепловых труб// Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 2010. – Вып. 6/7(48), с.59-63.
7. Наумова А.Н., Кравец В.Ю. Влияние на теплопередачу в пульсационной тепловой трубе ее ориентации в пространстве// Технология и конструирование в электронной аппаратуре, № 5-6, 2010. с.36-39.
8. Наумова А.Н. Исследование пусковых характеристик пульсационной тепловой трубы// Энергетика: экономика, технологии, экология, №2, 2010. с.75-80.

9. Кравец В.Ю., Некрашевич Я.В., Гончарова А.П. Исследование термического сопротивления миниатюрных тепловых труб// Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 2011. – Вып. 1/9(49), с.55-60.
10. Кравец В.Ю., Чернобай В.А., Никитенко А.А., Бехмард Голамреза Исследование температуры начала кипения в закрытом двухфазном термосифоне// Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 2011. – Вып. 2/8(50), с.40-44.
11. Руденко А.И., Кравец В.Ю., Зарипов В.К. Теплотехнические характеристики радиатора для систем охлаждения радиоэлектронной техники// Технология и конструирование в электронной аппаратуре, 2011, № 3, с.39-43.
12. Наумова А.Н., Кравец В.Ю. Вплив механічних вібрацій на теплопередачу в пульсуючих теплових трубах//сб. Наукові праці студентів і аспірантів-переможців щорічних конкурсів на здобуття фінансової підтримки НТУУ «КПІ», Київ-2010, с.65-67

- монографії:

1. Кравец В.Ю. Проблемы миниатюризации испарительных систем охлаждения. Підготовлена до друку. Знаходиться в редакції «Политехперіодика» м. Одеса.

- доповіді на конференціях:

1. Кравец В.Ю., Наумова А.Н., Вовкогон А.М. Исследование термического сопротивления пульсационной тепловой трубы // Сб. трудов X Международной научно-практической конф.: Современные информационные и электронные технологии, Одесса, 18 – 22 мая, 2009, с. 76
2. Кравец В.Ю., Письменный Е.Н., Некрашевич Я.В. Максимальные тепловые нагрузки миниатюрных тепловых труб // Сб. трудов X Международной научно-практической конф.: Современные информационные и электронные технологии, Одесса, 18 – 22 мая, 2009, с. 80
3. Кравец В.Ю., Коньшин В.И., Некрашевич Я.В. Исследование интенсивности теплоотдачи в зоне испарения миниатюрной тепловой трубы // Сб. трудов X Международной научно-практической конф.: Современные информационные и электронные технологии, Одесса, 18 – 22 мая, 2009, с. 75.
4. Аполлонова А.Ю., Кравец В.Ю., Чернобай В.А. Влияние количества витков на термическое сопротивление пульсационной тепловой трубы// Тези доповідей VII Міжн. наук.-практ. конф. «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики», Київ, 21-25 квітня 2009 р. с. 50.
5. Беляков С.М., Кравец В.Ю. Исследование теплоотдачи в зонах испарения и конденсации двухфазного термосифона// Тези доповідей VII Міжн. наук.-практ. конф. «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики», Київ, 21-25 квітня 2009 р. с. 51.
6. Бобруйко Р.Г., Кравец В.Ю. Температурный режим двухфазного термосифона// Тези доповідей VII Міжн. наук.-практ. конф. «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики», Київ, 21-25 квітня 2009 р. с. 52.
7. Вовкогон А.М., Кравец В.Ю. Вплив геометричних характеристик на максимальні теплові потоки пульсуючої теплової труби// Тези доповідей VII Міжн. наук.-практ. конф. «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики», Київ, 21-25 квітня 2009 р. с. 54.
8. Гайдыш Д.С., Кравец В.Ю. Исследование пусковых характеристик термосифона// Тези доповідей VII Міжн. наук.-практ. конф. «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики», Київ, 21-25 квітня 2009 р. с. 56.
9. Бехмард Голамреза, Кравец В.Ю., Коньшин В.И. Температурный режим двухфазного термосифона// Тези доповідей VII Міжн. наук.-практ. конф. «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики», Київ, 21-25 квітня 2009 р. с. 57.
10. Дроган М.М., Кравец В.Ю., Лебедь Н.Л. Вплив степені заповнення пульсаційної теплової труби на її теплопередаючі характеристики// Тези доповідей VII Міжн. наук.-

- практ. конф. «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики», Київ, 21-25 квітня 2009 р. с. 64.
11. Кабанова А.К., Кравець В.Ю. Исследование термического сопротивления двухфазных термосифонов// Тези доповідей VII Міжн. наук.-практ. конф. «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики», Київ, 21-25 квітня 2009 р. с. 69.
 12. Кульман Д.Н., Кравець В.Ю. Влияние геометрических факторов на теплопередающие характеристики пульсирующих тепловых труб// Тези доповідей VII Міжн. наук.-практ. конф. «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики», Київ, 21-25 квітня 2009 р. с. 79.
 13. Кравець В.Ю., Коньшин В.И., Бехмард Голамреза Пульсации температуры в двухфазных термосифонах// Сб. трудов XI Международной научно-практической конф.: Современные информационные и электронные технологии, Одесса, 24 – 28 мая, 2010, с. 30.
 14. Кравець В.Ю., Письменный Е.Н., Бехмард Голамреза Влияние длины зоны конденсации на теплопередающие характеристики двухфазных термосифонов // Сб. трудов XI Международной научно-практической конф.: Современные информационные и электронные технологии, Одесса, 24 – 28 мая, 2010, с. 31.
 15. Кравець В.Ю., Наумова А.Н. Влияние на теплопередающие характеристики пульсационной тепловой трубы ее ориентации в пространстве// Сб. трудов XI Международной научно-практической конф.: Современные информационные и электронные технологии, Одесса, 24 – 28 мая, 2010, с. 32.
 16. Алексеик Е.С., Кравець В.Ю. Влияние количества витков на теплопередающие характеристики пульсационных тепловых труб// Тези доповідей VIII Міжн. наук.-практ. конф. «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики», Київ, 19-23 квітня 2010 р. с. 67.
 17. Алексеик Е.С., Кравець В.Ю. Визуализация процессов, имеющих место в пульсационных тепловых трубах//Тези доповідей IX Міжн.наук.-практ. конф. «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики», Київ, 18-22. 04.2011 р. с. 61.
 18. Аполлоніна О.Ю., Кравець В.Ю. Термічний опір пульсаційних теплових труб// Тези доповідей IX Міжн. наук.-практ. конф. «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики», Київ, 18-22 квітня 2011 р. с. 68.
 19. Ванєєва Н.С., Кравець В.Ю. Вплив коефіцієнта заповнення на термічний опір двофазного мініатюрного термосифона// Тези доповідей IX Міжн. наук.-практ. конф. «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики», Київ, 18-22.04.2011 р. с. 71.
 20. Варяник А.О., Кравець В.Ю. Вплив кількості витків на термічний опір пульсаційної теплової труби// Тези доповідей IX Міжн. наук.-практ. конф. «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики», Київ, 18-22 квітня 2011 р. с. 72.
 21. Сологуб Д.Е., Кравець В.Ю. Вплив діаметра парового простору на теплопередаючі характеристики мініатюрних теплових труб//Тези доповідей IX Міжн. наук.-практ. конф. «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики», Київ, 18-22.04.2011р. с. 89.
 22. Алексеик Е.С., Кравець В.Ю. Зависимость теплопередающих характеристик пульсационных тепловых труб от количества витков и угла наклона// Сб. трудов XII Международной научно-практической конф.: Современные информационные и электронные технологии, Одесса, 23 – 27 мая, 2011, с. 228.
 23. Кравець В.Ю., Письменный Е.Н., Некрашевич Я.В. Влияние внешних факторов на теплопередающие характеристики миниатюрной тепловой трубы// Сб. трудов XII Международной научно-практической конф.: Современные информационные и электронные технологии, Одесса, 23 – 27 мая, 2011, с. 229.
 24. Кравець В.Ю., Коньшин В.И., Бехмард Голамреза. Влияние коэффициента заполнения двухфазного термосифона на его теплопередающую способность// Сб. трудов XII Международной научно-практической конф.: Современные информационные и электронные технологии, Одесса, 23 – 27 мая, 2011, с. 230.