

Дослідження теплорегулюючих характеристик систем на теплових трубах для космічного приладобудування

Исследование теплорегулирующих характеристик систем на тепловых трубах для космического приборостроения

Investigation of thermal regulating characteristics of the heat pipe systems for space instrument making

1. Номер державної реєстрації теми – 0109U001612.

2. Науковий керівник – канд. техн. наук, ст. наук. співр. Батуркін В.М., канд. техн. наук, ст. научн. сотр. Батуркин В.М., Ph.D., senior scientist Baturkin Volodymyr M.

3. Суть розробки, основні результати.

(укр.)

Теоретично обґрунтовано рівняння теплового балансу для системи «космічний апарат – прилад – система терморегулювання – космічне середовище» для термочутливого приладу з урахуванням теплопереносу, який реалізують теплові труби. На основі аналізу цих рівнянь для граничних умов експлуатації приладу запропоновано і експериментально перевірено нову теплову концепцію побудови ефективних систем терморегулювання електронних приладів з газорегульованими тепловими трубами. Система є пасивною, використовує для функціонування тільки власне тепловиділення приладу і дозволяє звузити діапазон зміни температури приладу до 5 – 10 К на температурному рівні 290 К при зміні власного тепловиділення приладу в 10 разів, зміні температури посадкових місць 253 – 323 К при зовнішніх теплових навантаженнях до 270 Вт/м².

Створено нову теплову схему пасивної радіаційної системи терморегулювання для охолодження від одного до чотирьох приймачів випромінювання наукових оптичних систем на температурному рівні 213 – 243 К, яка дозволяє транспортувати теплоту до радіатора тепловою трубою на відстань до 0,5 м та підвищує теплову ефективність радіатора до 0,9.

Розроблені програми та методики наземного відпрацювання конструкцій систем терморегулювання з тепловими трубами дають можливість провести тестування таких системи у відповідності до європейського стандарту “Heat pipe qualification requirements”, PSS – 49 (1983), що сприятиме просуванню систем терморегулювання українського виробництва на європейський ринок обладнання для наукових досліджень.

З використанням розробленого математичного алгоритму узагальнено результати 9-річної успішної експлуатації на навколосемній орбіті системи терморегулювання на основі теплових труб розробки НТУУ «КПІ» на німецькому мікросупутнику BIRD.

(рос.)

Теоретически обоснованно уравнения теплового баланса для системы «космический аппарат – прибор – система терморегулирования – космическая среда» для термочувствительного прибора с учетом теплопереноса, который реализуют тепловые трубы. На основе анализа этих уравнений для граничных условий эксплуатации прибора предложена и экспериментально проверена новая тепловая концепция построения эффективных систем терморегулирования электронных приборов с газорегулируемыми тепловыми трубами. Система является пассивной, использует для функционирования только собственное тепловыделение прибора и позволяет сузить диапазон изменения температуры прибора до 5 – 10 К на температурном уровне 290 К при изменении собственного тепловыделения в 10 раз, изменении температуры посадочных мест 253 – 323 К при внешних тепловых нагрузках до 270 Вт/м².

Создана новая тепловая схема пассивной радиационной системы терморегулирования для охлаждения от одного до четырех приемников излучения научных оптических систем на температурном уровне 213 – 243 К, которая позволяет транспортировать теплоту к радиатору

тепловой трубой на расстояние до 0,5 м и повышает тепловую эффективность радиатора до 0,9.

Разработанные программы и методики наземной отработки конструкций систем терморегулирования с тепловыми трубами дают возможность провести тестирование таких систем согласно европейскому стандарту “Heat pipe qualification requirements”, PSS – 49 (1983), что будет способствовать продвижению систем терморегулирования украинского производства на европейский рынок оборудования для научных исследований.

С использованием разработанного математического алгоритма обобщены результаты 9-летней успешной эксплуатации на околоземной орбите системы терморегулирования на основе тепловых труб разработки НТУУ «КПИ» на немецком микроспутнике BIRD.

(англ.)

The equations of thermal balance for system «space vehicle – device – thermocontrol system – the space environment» for the thermosensitive device are elaborated with the account of heat transfer, which heat pipes realize. On basis of the analysis of these equations for device boundary conditions a new thermal concept of creation of effective thermal control systems of electronic devices with gas-regulated heat pipes is offered and checked experimentally. The system is passive, uses only own thermal emission of the device for function and allows to narrow a range of temperature change of the device to 5 – 10 K at the temperature level of 290 K at change of heat generation in 10 times, change of the mounting places temperature 253 – 323 K at external thermal loadings up to 270 W/m².

The new thermal design of the passive radiation thermocontrol system for cooling from one to four charge couple devices of the scientific optical systems at the temperature level of 213 – 243 K is also created, which allows to transfer a heat to the radiator by a heat pipe on distance of 0.5 m and raises the thermal efficiency of radiator to 0.9.

The developed programs and methods of ground working-up of thermocontrol system designs with heat pipes enable to conduct testing of such systems according to the European standard “Heat pipe qualification requirements”, PSS – 49 (1983), that will promote the thermocontrol systems of the Ukrainian production to the European market of equipment for scientific researches.

With the use of the elaborated mathematical algorithm the results of 9-year successful exploitation on the near-Earth orbit of the thermocontrol system on basis of heat pipes of the NTUU «KPI» development on German microsatellite BIRD are generalized.

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

- Пат. 40835 Україна, МПК F 28D 15/00. Контурна теплова труба / Батуркін В.М., Жук С.К., Савіна В.М., Наумова А.М; заявник і патентовласник Нац. техн. ун-т України «КПІ». – № 200813847; опубл. 27.04.09. Бюл. № 8. – 6 с.

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Результати відповідають світовому рівню, а запропоновані підходи до пасивного регулювання температури приладів за рахунок змінного термічного опору «прилад – космічне середовище», яке реалізується тепловою трубою, раніше не використовувалися для наукового приладобудування.

6. Економічна привабливість для просування на ринок

Застосування розроблених технологій регулювання температури наукової космічної апаратури має принципово інноваційний характер, значно розширює технічні можливості вже напрацьованих науково-технологічних рішень та діапазон функціонування наукового обладнання у космосі, а також сприятиме появі нових конструкторських рішень у приладобудуванні і підвищить надійність реалізації космічних місій. Технічні показники:

- можливість роздільного розташування приладу та його радіаційної поверхні космічного апарату;
- зменшення маси системи терморегулювання на 20 – 50 %;

- зменшення до 10 разів або повна відмова від зовнішнього енергоспоживання космічного апарату;
- дублювання теплотранспортної мережі;
- підтверджений ресурс експлуатації від 5 до 10 років.

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

Отримані результати можуть бути використані у електронній промисловості, машинобудуванні, теплоенергетиці, сонячній енергетиці, матеріалознавстві та приладобудуванні, авіа- і суднобудуванні.

8. Стан готовності розробки.

Відпрацьовані відповідні методики теплового розрахунку систем терморегулювання нового типу, розроблені технологічні рекомендації щодо їх виготовлення для визначених умов експлуатації наукового приладу. Можлива поставка промислових зразків систем терморегулювання з тепловими трубами.

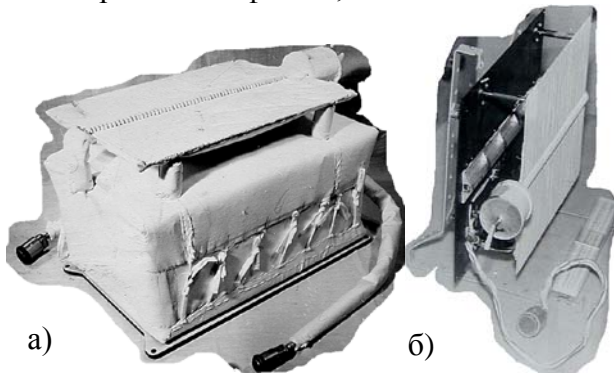
9. Існуючі результати впровадження.

Результати теоретично-експериментальних досліджень впроваджено в навчальний процес у курсі “Тепломасообмін та теплоносії” – у новому підрозділі “Теплообмін у системах терморегулювання”. За матеріалами роботи підготовлена докторська дисертація за темою: „Системи забезпечення теплового режиму на основі теплових труб для наукового космічного приладобудування”.

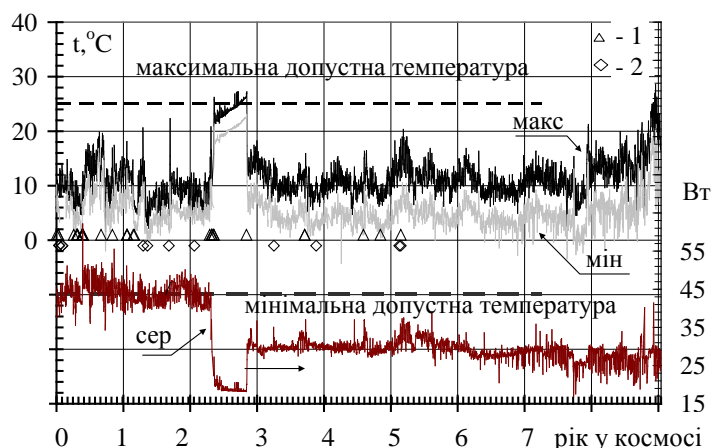
Алгоритм обробки телеметричних даних впроваджено у Німецькому аерокосмічному центрі, м. Берлін для аналізу теплового стану мікросупутника BIRD, на якому використана система з теплових труб розробки НТУУ «КПІ».

10. Назва організації, телефон, E-mail

НТУУ”КПІ”, теплоенергетичний факультет, кафедра атомних електростанцій та інженерної теплофізики; тел. +3804 454-95-26, nirtef@kpi.ua



Тепловий макет електронного блоку наукової апаратури: а- блок з системою терморегулювання; б – система терморегулювання на основі теплової труби (окремо)



Фрагмент розробленої бази телеметричних даних з супутника BIRD з системою теплового контролю на основі теплових труб розробки НТУУ «КПІ»: макс, мін - максимальна та мінімальна температури головного радіатора (зона конденсації теплової труби), сер – середнє тепловиділення; 1 – сонячні шторми, 2 – технічні події на супутнику

Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання розробки

1. Батуркин В.М. Исследование гидродинамических характеристик конструкционных капиллярных структур в тепловых трубах / В.М. Батуркин, Е.В. Шевель // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. –2009. – № 3/6 (39). – С. 30-36.
2. Baturkin V. Some aspects of metal fibre structures development for large size high temperature heat pipes – solar receivers / V. Baturkin, A. Savchenko, V. Zaripov, S. Andraka // Тепловые трубы для космического применения: Международная конференция, 15-18 сентября 2009: тезисы докладов. – Москва, Россия, 2009. – 2 с.
3. Grakovich L. Grooved heat pipes with porous deposit to enhance heat transfer in the evaporator / L. Grakovich, M. Rabetsky, V. Baturkin [et al] // Тепловые трубы для космического применения: Международная конференция, 15-18 сентября 2009: тезисы докладов. – Москва, Россия, 2009. – 2 с.
4. Grundmann J. T. From observational geometry to practical satellite design: ASTEROIDFINDER/SSB // J. T. Grundmann, S. Mottola, V. Baturkin [et al] // Planetary Defense Conference: Protecting Earth from Asteroids: 1st IAA conference, 27-30 April 2009: proc. of conf. – Granada, Spain, 2009. – 1 p.
5. Алексеик Е.С. Коэффициент теплоотдачи в зоне нагрева тепловых труб и его использование при математическом моделировании их функционирования / Е.С. Алексеик, Е.В. Шевель, В.М. Батуркин // Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики: VII Міжнародна науково-практична конференція аспірантів, магістрів і студентів Теплоенергетичного факультету НТУУ «КПІ», 21-25 квітня 2009, Київ: тези доповідей. – Київ, Україна, 2009. – С. 46.
6. Горашенко О.С. Сравнительный анализ моделей тепломассопереноса в тепловых трубах О.С. Горашенко, Е.В. Шевель, В.М. Батуркин // Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики: VII Міжнародна науково-практична конференція аспірантів, магістрів і студентів Теплоенергетичного факультету НТУУ «КПІ», 21-25 квітня 2009: тези доповідей. – Київ, Україна, 2009. – С. 60.
7. Кузан Ю.В. Определение температурного поля корпуса тепловой трубы при помощи программы, составленной в пакете EXCEL // Ю.В. Кузан, В.М. Батуркин // Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики: VII Міжнародна науково-практична конференція аспірантів, магістрів і студентів Теплоенергетичного факультету НТУУ «КПІ», 21-25 квітня 2009: тези доповідей. – Київ, Україна, 2009. – С. 77.
8. Кузан Ю.В. Определение температурного поля корпуса тепловой трубы при граничных условиях второго и третьего рода // Ю.В. Кузан, Е.В. Шевель, В.М. Батуркин // Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики: VIII Міжнародна науково-практична конференція аспірантів, магістрів і студентів Теплоенергетичного факультету НТУУ «КПІ», квітень 2010: тези доповідей. – Київ, Україна, 2010. – С. 86.
9. Vasiliev. Evaporators for grooved heat pipes with porous deposit to enhance heat transfer / L. Vasiliev, L. Grakovich, V. Baturkin [et al] // Heat Transfer and Renewable Sources of Energy: 13th International Conference HTRSE-2010, 9 - 12.09.2010: proc. of conf. – Szczecin, Poland, 2010. – 11 p.