

Алюмінієві двофазні теплотранспортні системи з розділенням потоків пари та рідини для енергоефективних технологій

Алюминиевые двухфазные теплотранспортные системы с разделением потоков пара и жидкости для энергоэффективных технологий

Aluminum two-phase heat transfer systems with steam and liquid separation for energy efficient technologies

1. **Номер державної реєстрації теми - 0117U004283,**
2. **Науковий керівник - к.т.н., доцент Шевель Є.В., Шевель Е.В., Shevel Eugene V.**
3. **Суть розробки, основні результати.**

(укр.)

Проведено порівняння конструкцій теплообмінників з гладкостінними алюмінієвими канавчатими тепловими трубами (АКТТ) з діаметром 8 мм та оребреними АКТТ із зовнішнім діаметром 43 мм. Застосування гладкостінних АКТТ, з одного боку, призводить до більшої їх кількості в теплообміннику в порівнянні з оребреними АКТТ, але, з іншого боку, призводить до меншого перепаду тиску в каналах. На основі експериментальних даних отримані залежності для розрахунку коефіцієнтів теплообміну та аеродинамічного опору для теплообмінника з гладкостінними АКТТ.

Наведені схемні рішення побудови систем охолодження світлодіодних освітлювальних приладів з використанням АКТТ. Результати експериментальних досліджень різних макетів АКТТ та систем охолодження на їх основі показали:

а. використання в каркасі освітлювального приладу п'яти АКТТ дозволяє відвести від світлодіодних модулів сумарний тепловий потік до 500 Вт; при коефіцієнті корисної дії потужних світлодіодів в середньому 75%, це еквівалентно електричній потужності, що споживається приладом, 665 Вт;

б. АКТТ з теплоносієм аміак можуть передавати теплову потужність понад 250 Вт; мають температурний перепад не більше 7°C при електричній потужності 200 Вт на кожен АКТТ; при потужності, що підводиться 40 Вт, температурний перепад знижується до 2,5°C;

в. при використанні в конструкції АКТТ як радіатора (по типу «парова камера») в якості теплоносія пентан, робота системи охолодження у вертикальному положенні характеризується мінімальними характеристиками перепаду температур між зонами підведення і відведення тепла; у стаціонарному режимі такий перепад складає $2 \pm 0,5^\circ\text{C}$; світильник з системою охолодження з АКТТ задовольняє вимогам до температурного режиму роботи світлодіодів при сумарній тепловій потужності 196 Вт; дана система охолодження має істотний запас по допустимій температурі, як для умов вертикального розташування (до 15°C), так і під кутом 45° до горизонту (до 10°C).

Наведені схемні рішення застосування АКТТ в системах забезпечення теплових режимів радіоелектронної апаратури. Наведені приклади та результати експериментальних досліджень різних конструкцій АКТТ для різних умов їх застосування. Такі АКТТ можуть функціонувати в діапазоні температур від -40°C до $+210^\circ\text{C}$ та забезпечувати передачу теплової потужності більше ніж 250 Вт на одну АКТТ.

(рос.)

Проведено сравнение конструкций теплообменников с гладкостенными алюминиевыми канавчатыми тепловыми трубами (АКТТ) с диаметром 8 мм и оребренных АКТТ с внешним диаметром 43 мм. Применение гладкостенных АКТТ, с одной стороны, приводит к большему их количеству в теплообменнике по сравнению с оребренной АКТТ, но, с другой стороны, приводит к меньшему перепаду давления в каналах. На основе экспериментальных данных получены зависимости для расчета коэффициентов теплообмена и аэродинамического сопротивления для теплообменника с гладкостенными АКТТ.

Приведены схемные решения построения систем охлаждения светодиодных осветительных приборов с использованием АКТТ. Результаты экспериментальных исследований различных макетов АКТТ и систем охлаждения на их основе показали:

а. использования в каркасе светильника пяти АКТТ позволяет отвести от светодиодных модулей суммарный тепловой поток до 500 Вт при коэффициенте полезного действия мощных светодиодов в среднем 75%, это эквивалентно электрической мощности, потребляемой прибором, 665 Вт

б. АКТТ с теплоносителем аммиак могут передавать тепловую мощность более 250 Вт; имеют температурный перепад не более 7°C при электрической мощности 200 Вт на каждую АКТТ; при подводимой мощности 40 Вт, температурный перепад снижается до 2,5°C;

в. при использовании в конструкции АКТТ как радиатора (по типу «паровая камера») в качестве теплоносителя пентан, работа системы охлаждения в вертикальном положении характеризуется минимальными характеристиками перепада температур между зонами подвода и отвода тепла; в стационарном режиме такой перепад составляет $2 \pm 0,5$ °C; светильник с системой охлаждения с АКТТ удовлетворяет требованиям к температурному режиму работы светодиодов при суммарной тепловой мощности 196 Вт данная система охлаждения имеет существенный запас по допустимой температуре, как для условий вертикального расположения (до 15°C), так и под углом 45° к горизонту (до 10°C).

Приведенные схемные решения применения АКТТ в системах обеспечения тепловых режимов радиоэлектронной аппаратуры. Приведенные примеры и результаты экспериментальных исследований различных конструкций АКТТ для различных условий их применения. Такие АКТТ могут функционировать в диапазоне температур от -40°C до + 210°C и обеспечивать передачу тепловой мощности более 250 Вт на одну АКТТ.

(англ.)

Comparison of designs of heat exchangers with smooth-walled aluminum grooved heat pipes (AGHP) with a diameter of 8 mm and finned AGHP with an outer diameter of 43 mm. The use of smooth-walled AGHPs, on the one hand, results in a larger number of them in the heat exchanger compared to the finned AGHPs, but, on the other hand, results in a smaller pressure drop in the channels. On the basis of the experimental data, dependences were obtained for the calculation of the coefficients of heat exchange and aerodynamic resistance for a heat exchanger with smooth-walled AGHPs.

Schematic solutions for the construction of cooling systems for LED lighting using AGHP are presented. The results of experimental studies of different AGHP models and cooling systems based on them showed:

a. the use of five AGHP lighting fixtures in the frame allows for a total heat flux of 500 W to be removed from the LED modules; when the efficiency of powerful LEDs is on average 75%, this is equivalent to the electric power consumed by the device, 665 W;

b. AGHP s with ammonia coolant can transmit thermal power of more than 250 watts; have a temperature difference of not more than 7°C at an electrical power of 200 W for each AGHP; at a power input of 40 W, the temperature difference is reduced to 2,5°C;

c. when used in the construction of AGHP as a radiator (type "steam chamber") as a pentane coolant, the operation of the cooling system in the vertical position is characterized by the minimum characteristics of the temperature difference between the zones of supply and heat dissipation; in steady state, this difference is 2 ± 0.5 °C; AGHP cooling lamp meets the requirements for the LED operating temperature with a total thermal output of 196 W; this cooling system has a substantial margin over the permissible temperature, both for vertical positions (up to 15°C) and at an angle of 45° to the horizon (up to 10°C).

Schematic solutions of the application of AGHP in the systems of providing thermal modes of electronic equipment are given. Examples and results of experimental studies of different ACPT structures for different conditions of their application are given. Such AGHPs can operate in the temperature range from -40°C to + 210°C and provide heat transfer of more than 250W per AGHP.

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

1. Пат. на винахід 72866 Україна, МПК (2016.01) F24J2/32. Акумулятор сонячної енергії / Рассамакін Б.М., Заріпов В.К., Хайрнатов С.М., Рассамакін А.Б. Національний

технічний університет України «Київський політехнічний інститут» – 8 с.; Опубл. 15.05.2006. Бюл. №5/2006 Заявка 20031213063 від 30.12.2003 р.

2. Пат. на винахід 71442А Україна, МПК (2016.01) F24J2/42 (2006.01), H01L31/04 (2006.01). Комбінований акумулятор сонячної енергії / Рассамакін Б.М., Хайрнасов С.М., Рассамакін А.Б. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» – 7 с.; Опубл. 30.12.2003. Бюл. №11/2004 Заявка 20031213064 від 15.11.2004 р.

3. Пат. на корисну модель 19110 Україна, МПК (2016.01) F28D 15/02. Теплова труба / Рассамакін Б.М., Ждановський А.А., Рассамакін А.Б., Хайрнасов С.М. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» – 9 с.; Опубл. 15.12.2006. Бюл. №12/2006 Заявка u200512863 від 30.12.2005 р.

4. Пат. на корисну модель 816886 Україна, МПК (2013.01) F21S 8/00, F21V 7/00, F21V 29/00. Світлодіодний освітлювальний пристрій / Ніколаєнко Ю.Є., Рассамакін Б.М., Хайрнасов С.М. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут». – 8 с.; Опубл. 10.07.2013. Бюл. №13 Заявка u 2013 00093 від 02.01.2013 р.

5. Пат. на полезную модель 41494 Российская Федерация, МПК (2006.01) F21S 8/00. Светодиодное осветительное устройство / Николаенко Ю.Е., Рассамакин Б.М., Хайрнасов С.М., В.Ю. Кравец. Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт. – 8 с.; Опубл. 10.06.2014. Бюл. №16 Заявка 2013157699/07 от 24.12.2013.

6. Pat. 2014100354 Australia. Combined Photovoltaic-Thermal Solar Collector / Elgart Y., Rassamakin B., Khairnasov S., Dusheiko M., Rassamakin A., Frolov G. – 7 p.; 10.04.2014.

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Рівень розробки відповідає світовому за рахунок створення науково-технологічних основ алюмінієвих двофазних теплотранспортних систем нового покоління, призначених для використання в ресурсозберігаючому енергоефективному обладнанні.

Головна перевага науково-технічних результатів над аналогами є використання алюмінієвих двофазних теплотранспортних систем з канавками. Такий підхід суттєво здешевлює виготовлення енерго- та ресурсозберігаючого обладнання з використанням двофазних теплотранспортних систем та підвищує їх конкурентоспроможність.

6. Економічна привабливість для просування на ринок

Застосування розлюбленої технології, що базується на використанні алюмінієвих двофазних пристроїв з розділенням потоків пари і рідини, дає можливість значно знизити собівартість та підвищити надійність енергетичних систем за рахунок:

- зниження на 100 – 200 % термічного опору системи за рахунок інтенсивних процесів теплообміну кипіння і конденсації;
- підвищення у 1,5 – 2 рази потужності енергоефективної системи за рахунок розділення потоків пари і рідини в теплопередавальних пристроях;
- повної автономності і надійності роботи системи, що забезпечується за рахунок модульності та простоти конструкції алюмінієвих двофазних пристроїв;
- монолітної конструкції корпусу теплопередавального пристрою (алюмінієвого профілю) за рахунок застосування в процесі виготовлення методу екструзії.

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

Результати роботи можуть бути використані при виробництві енергоефективних систем на основі алюмінієвих двофазних пристроїв на підприємстві ТОВ «Ефектпроф» (м. Київ), ПАТ «Сумське НВО ім. М.В. Фрунзе» (м. Суми), ПП Науково-впроваджувальна фірма ТЕПЛОВІ ТЕХНОЛОГІЇ» (м. Київ) та ін., які займаються розробкою, виготовленням та впровадженням теплообмінного обладнання та енергоефективних систем.

8. Стан готовності розробки.

Розроблені та виготовлені макети обладнання, відпрацьовані відповідні технології і розроблені технологічні рекомендації щодо ефективного застосування. Можлива розробка

дослідно-промислових зразків систем на основі алюмінієвих двофазних теплотранспортних пристроїв, які повністю адаптовані до існуючого основного силового обладнання і можуть бути впроваджені у промислове виробництво.

9. Існуючі результати впровадження.

Технологія алюмінієвих двофазних теплотранспортних систем з розділенням потоків пари та рідини впроваджена на приватному підприємстві «Науково-впроваджувальна фірма ТЕПЛОВІ ТЕХНОЛОГІЇ» у вигляді методів розрахунку та проектування енергоефективних систем на основі алюмінієвих двофазних теплотранспортних пристроїв.

10. Форма участі інвестора - частка в проекті.

11. Обсяг інвестицій - 22 000 доларів.

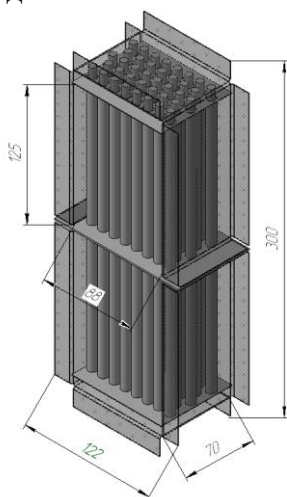
12. Мета інвестицій - розширення бізнесу.

13. Назва організації, телефон, E-mail

Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, ТЕФ, кафедра АЕС і ІТФ, Тел.: +38(095)-62-94-718. **E-mail:** dk.kpi.hp@gmail.com.

14. Фото розробки

Загальний вигляд теплообмінника на основі гладкостінних АКТТ



Зовнішній вигляд освітлювального приладу з АКТТ, виконаної у вигляді радіатора



15. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання розробки

1. Yu.E. Nikolaenko, Ye.S. Alekseik, D.V. Kozak, T.Yu. Nikolaienko. Research on two-phase heat removal devices for power electronics, Thermal Science and Engineering Progress, 2018, Vol. 8, pp. 418-422.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2451904918302464>

2. A.V. Baranyuk, Yu.E. Nikolaenko, V.A. Rohachov, A.M. Terekh, P.G. Krukovskiy. Investigation of the flow structure and heat transfer intensity of surfaces with split plate finning, Thermal Science and Engineering Progress, 2019, Vol. 11, pp. 28-39.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2451904918306942>

3. V. Kravets, Ye. Alekseik, O. Alekseik, S. Khairnasov, V. Baturkin, T. Ho, L. Celotti. Heat pipes with variable thermal conductance property for space applications, Journal of Mechanical Science and Technology, 2017, Volume 31, Issue 6, pp 2613–2620.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s12206-017-0503-8>

4. Yu. E. Nikolaenko. A. S. Postol. Experimental Investigation of the Contact Heat Resistance in the Threaded Joint Zone of Contact Surfaces, 2018, Volume 91, Issue 4, pp 1097–1103.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s10891-018-1836-6>

5. E.N. Pis'mennyi, S.M. Khayrnasov, B.M. Rassamakin. Heat transfer in the evaporation zone of aluminum grooved heat pipes, International Journal of Heat and Mass Transfer Volume 127, Part C, December 2018, Pages 80-88.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0017931018321458>

6. Sergii Khairnasov, Charles E. Andraka, Volodymyr Baturkin, Vladlen Zaripov, Oleksandr Nishchyk. Development of advanced high porosity wicks for the high temperature heat pipes of concentrating solar power, Applied Thermal Engineering Volume 126, 5 November 2017, Pages 1170-1176.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359431117313042>

7. A. S. Tsybenko, B. M. Rassamakin, A. A. Rybalka. Stress-Strain State Investigation of Polyitan-2 Nano-Satellite under the Ascent-Stage Quasi-Static Overload Conditions, Strength of Materials, 2017, Volume 49, Issue 3, pp 381–387.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s11223-017-9878-0>

16. Надати ключові слова до розробки: алюмінієва канавчата теплова труба, енергоефективність, температурний режим, охолодження, теплота.