

КОЭФФИЦИЕНТЫ ТЕПЛОТДАЧИ В ЗОНАХ ИСПАРЕНИЯ И КОНДЕНСАЦИИ АЛЮМИНИЕВОЙ ТЕПЛОВОЙ ТРУБЫ С РЕЗЬБОВИДНОЙ КАПИЛЛЯРНОЙ СТРУКТУРОЙ

Д. т. н. Ю. Е. Николаенко, Д. В. Козак, к. т. н. С. М. Хайрнасов

НТУУ «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Украина, г. Киев

yunikola@ukr.net

Приведены результаты экспериментального исследования коэффициентов теплоотдачи в зонах испарения и конденсации алюминиевой гравитационной тепловой трубы с резьбовидной капиллярной структурой, заполненной изобутаном (R600a), в условиях охлаждения зоны конденсации вынужденной конвекцией жидкости.

Ключевые слова: тепловая труба, зона испарения, зона конденсации, коэффициент теплоотдачи, изобутан, светодиод.

В последние годы сложилась устойчивая тенденция к использованию в системах промышленного и бытового освещения энергоэффективных полупроводниковых источников света — мощных светодиодов (СД) и светодиодных модулей (СДМ) на их основе [1], что требует поиска путей обеспечения их нормального теплового режима в составе осветительного прибора.

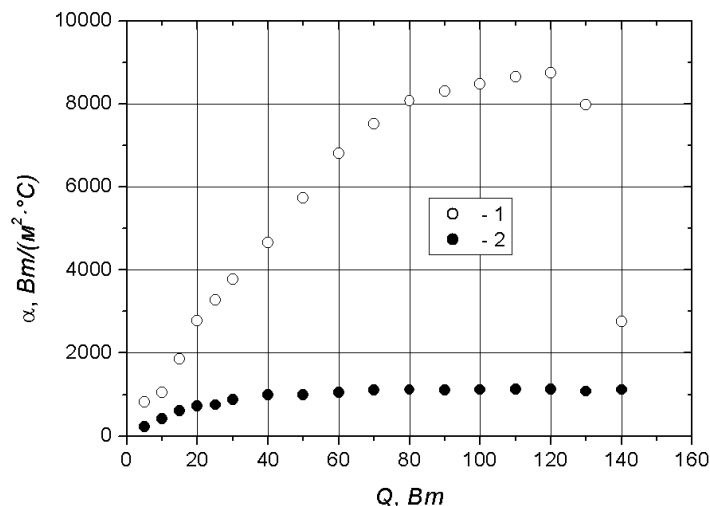
Наиболее распространенным подходом к использованию светодиодных источников света в бытовом освещении является установка в осветительные приборы, разработанные ранее под лампы накаливания, светодиодных ламп прямой замены (СДЛПЗ) с соответствующими габаритными размерами. Размещение СДЛПЗ внутри плафона осветительного прибора препятствует эффективному отводу теплоты от лампы, что дополнительно ухудшает ее тепловой режим. Ограниченные габаритные размеры лампы не позволяют в достаточной степени развить поверхность ее радиатора при мощности СДЛПЗ свыше 15 Вт, а значит, при разработке конструкций бытовых осветительных приборов с СД и СДМ необходимо решать задачу поиска более эффективных систем охлаждения.

В [2] впервые был предложен принципиально новый подход к построению мощных светодиодных осветительных приборов для освещения жилых помещений, заключающийся в выполнении каркаса прибора из тепловых труб (ТТ) и использовании в качестве источников света СДМ новой конструкции. В [3] приведен ряд схмотехнических решений, пригодных для использования при тепловом конструировании таких бытовых осветительных приборов. Специально для них разработана новая конструкция гравитационной тепловой трубы (ГТТ) с технологичной резьбовидной капиллярной структурой (КС) [4]. Первые исследования тепловых характеристик медной ГТТ с такой капиллярной структурой показали ее высокую эффективность [5]. С целью уменьшения массы светодиодных осветительных приборов с ГТТ перспективным является использование труб из алюминиевых сплавов, однако их тепловые характеристики до настоящего времени не были исследованы.

Целью данной работы является экспериментальное определение коэффициентов теплоотдачи в зонах испарения и конденсации алюминиевой ГТТ с резьбовидной КС, заполненной изобутаном.

Корпус экспериментальной ТТ был изготовлен из алюминиевого сплава АД 31, внешний диаметр ТТ 12 мм, внутренний — 9 мм. Диаметр резьбы в зоне испарения 10 мм, шаг резьбы 0,5 мм. Длина ТТ 830 мм, длина зоны испарения 50 мм, длина зоны конденсации 210 мм. Теплоноситель — изобутан (R600a). Охлаждение зоны конденсации осуществлялось жидкостным теплообменником, в каналы которого подавалась охлаждающая жидкость с температурой +9°C.

Результаты экспериментальных исследований приведены на рисунке.



Зависимость коэффициентов теплоотдачи α в зонах испарения (1) и конденсации (2) алюминиевой ТТ с резьбовидной капиллярной структурой от подводимого теплового потока Q

Из рисунка видно, что значения коэффициентов теплоотдачи в зоне испарения ТТ в 3,8—7,7 раз превышают значения коэффициентов теплоотдачи в зоне конденсации в диапазоне подводимого теплового потока от 5 до 120 Вт. Причем, с увеличением подводимого теплового потока от 5 до 80 Вт наблюдается существенный (в 9,8 раз) рост коэффициента теплоотдачи в зоне испарения, а затем этот рост заметно снижается и составляет 1,08 раз при увеличении теплового потока от 80 до 120 Вт. Максимального значения 8745,2 Вт/(м²·°C) коэффициент теплоотдачи в зоне испарения достигает при тепловом потоке 120 Вт, после чего в ТТ наступают кризисные явления, и коэффициент теплоотдачи резко снижается. Значения коэффициента теплоотдачи в зоне конденсации увеличиваются с повышением подводимого теплового потока в диапазоне от 5 до 40 Вт и далее, в диапазоне от 40 до 140 Вт, практически не зависят от него, достигая своего максимального значения 1131,5 Вт/(м²·°C).

Таким образом, проведенные исследования позволили экспериментально определить коэффициент теплоотдачи в зонах испарения и конденсации алюминиевой ГТТ с резьбовидной капиллярной структурой, заполненной изобутаном.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Готра З., Корнага В., Мартіросова В. та ін. Енергоефективні світлодіодні освітлювальні системи; за ред. чл.-кор. НАН України В. Сорокіна. — Київ: ВД «Авіцена», 2016.
2. Патент № 68831, Україна. Люстра / Ю.Є. Ніколаєнко, Т.Ю. Ніколаєнко. — 2012. — Бюл. № 7.
3. Nikolaenko T.Yu., Nikolaenko Yu.E. New circuit solutions for the thermal design of chandeliers with Light Emitting Diodes // Light & Engineering. — 2015. — Vol. 23, № 3. — P. 85—88.
4. Патент № 109840, Україна. Гравітаційна тепла труба / Ю.Є. Ніколаєнко. — 2016. — Бюл. № 17.
5. Kozak D.V., Nikolaenko Yu.E. The working characteristics of two-phase heat transfer devices for LED modules // 2016 International Conference on Electronics and Information Technology (EIT'16). — Odessa, Ukraine. — 2016. — P. 1—4. DOI: 10.1109/ICEAIT.2016.7500980.

Yu. E. Nikolaenko, D.V. Kozak, S. M. Khairnasov

Heat transfer coefficients in evaporation and condensation zones of aluminum heat pipe with the thread capillary structure

In this paper, we present the results of an experimental study of the heat transfer coefficients in the evaporation and condensation zones of an aluminum gravitational heat pipe with a thread capillary structure filled with isobutane (R600a) under conditions of cooling of the condensation zone by forced convection of a liquid.

Keywords: heat pipe, evaporation zone, condensation zone, heat transfer coefficient, isobutane, LED.