

УДК 62-71

ИСПАРИТЕЛЬНО-КОНДЕНСАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

А. Н. ГЕРШУНИ, А. П. НИЩИК

*Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского»,
Украина, Киев, 03056, пр-т Победы 37*

Аннотация. В статье показано, что тепловые трубы с металловолоконными капиллярными структурами и испарительно-конденсационные системы охлаждения на их основе являются высокоэффективными средствами обеспечения оптимальных тепловых режимов различных приборов и устройств электронной техники. Такая система охлаждения, совмещающая функции эффективного теплопровода (эквивалентная теплопроводность намного выше теплопроводности наиболее теплопроводных материалов) и эффективного радиатора с возможностью пассивного теплоотвода, характеризуется высокой теплопередающей способностью, низким термическим сопротивлением, относительно малыми габаритами и массой, надежностью работы при различной ориентации в пространстве в условиях действия массовых сил. Описаны примеры выполненных разработок и исследований тепловых труб и испарительно-конденсационных систем с металловолоконными капиллярными структурами для охлаждения различных тепловыделяющих объектов электронной техники. При этом рассмотрены в основном специальные типы и конструкции систем, работающие при различных условиях теплоотвода к поглощающей среде, в том числе обладающие не только высокой теплопередающей способностью, но и специфическими диэлектрическими свойствами. Приведены теплотехнические характеристики предложенных систем охлаждения.

Ключевые слова: тепловые режимы аппаратуры; испарительно-конденсационные системы охлаждения; специальные типы и конструкции; тепловые характеристики

1. ОБОСНОВАНИЕ АКТУАЛЬНОСТИ

Функционирование элементов аппаратуры в заданных температурных интервалах позволяет получить оптимальные рабочие характеристики и увеличить время их безотказной работы. Постоянное совершенствование электронной аппаратуры (ЭА), ускоряющееся развитие компьютерной техники приводят к увеличению теплонапряженности таких элементов, как микропроцессоры, сверхвысокочастотные полупроводники и др. [1]. Современные тенденции развития ЭА, включающие миниатюризацию аппаратуры, приводят к уменьшению массогабаритных характеристик с со-

ответствующим увеличением плотности выделяемых тепловых потоков и температуры.

Температура является основным фактором, влияющим на надежность аппаратуры. При увеличении температуры надежность резко падает, обычно нормальное функционирование приборов нарушается при ее повышении до 85–150 °С [2] в результате нарушения режимов работы, увеличения диэлектрических потерь и токов утечки в изоляционных материалах, снижения прочности изоляции и вязкости пропиточных материалов.

Использование традиционных систем охлаждения (СО) может привести к перегреву и

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шматов, Д. П. Моделирование процессов гидродинамики и теплообмена в микроканальных элементах систем охлаждения электронной аппаратуры / Автореф. дис. ... канд. техн. наук. : Воронеж, Воронеж. гос. тех. ун-т. — 2011. — URL : <http://www.dissercat.com/content/modelirovanie-protsessov-gidrodinamiki-i-teploobmena-v-mikrokanalnykh-elementakh-sistem-okhl>
2. Сушко, В. Ю. Тепловая защита электронных устройств при интенсивных термических воздействиях / Автореф. дис. ... канд. техн. наук. : С.-Пб., С.-Петербург. гос. ун-т информац. технологий, механики и оптики. — 2007. — URL : <http://www.dissercat.com/content/teplovaya-zashchita-elektronnykh-ustroystv-pri-intensivnykh-termicheskikh-vozdeystviyakh>
3. Ермолаев, И. А. Математические модели и методы исследования конвективных потоков жидкостей и газов в системах охлаждения устройств радиоэлектроники / Автореф. дис. ... докт. физ. мат. наук. — Саратов, Саратов. гос. ун-т им. Гагарина Ю.А. — 2013. — URL : <http://www.dissercat.com/content/matematicheskie-modeli-i-metody-issledovaniya-konvektivnykh-potokov-zhidkostei-i-gazov-v-sis>
4. Цевух, И.В.; Спивак, В.В.; Малюта, А.И.; Шуба, Т.Н. Система управления тепловыми режимами электронных приборов. *Технология и конструирование в электронной аппаратуре*, № 1, С. 20–22, 2016. DOI: [10.15222/TKEA2016.1.20](https://doi.org/10.15222/TKEA2016.1.20).
5. Исакеев, А.И.; Киселев, И.Г.; Филатов, В.В. *Эффективные способы охлаждения силовых полупроводниковых приборов*. Л. : Энергоиздат, Ленингр. Отд., 1982. 298 с.
6. Дульнев, Г.Н.; Тарновский, Н.Н. *Тепловые режимы электронной аппаратуры*. Л.: Энергия, 1971. — 248 с.
7. Akhil, Soman; Anu, Nair P., RemilBabu; SambathKiran, P. K.; Sumesh, V. S. Study on natural convection heat transfer in an enclosure — A review. *J. of Mechanical and Civil Engineering*, Vol. 13, No. 4, P. 26–30, 2016. DOI: [10.9790/1684-1304062630](https://doi.org/10.9790/1684-1304062630).
8. Полушкин, А. В. Влияние конструктивных параметров системы кондуктивного охлаждения на температурный режим радиоэлектронной аппаратуры в герметичном корпусе / Автореф. дис. ... канд. техн. наук. С.-Пб., С.-Петербург. гос. ун-т информац. технологий, механики и оптики. 2007. URL : <http://www.dissercat.com/content/vliyanie-konstruktivnykh-parametrov-sistemy-konduktivnogo-okhlazhdeniya-na-temperaturnyi-rez>
9. Gallefoss, Helge. Патент WO 2013056823 A1. A device and a method for passive cooling of electronic equipment. МПК H05K 7/20 (2006/01). Дата публикации 25 апреля 2013 г.
10. Wei, Chao; Liu, Zhao-Jun; Li, Zeng-Yao, Qu, Zhi-Guo; He, Ya-Ling; Tao, Wen-Quan. Numerical study on some improvements in the passive cooling system of a radio base station base on multiscale thermal modeling methodology—Part I: confirmation of simplified models. *Numerical Heat Transfer, Part A: Applications*, Vol. 65, No. 9, P. 844–862, 2014. DOI: [10.1080/10407782.2013.826082](https://doi.org/10.1080/10407782.2013.826082).
11. Семена, М.Г.; Гершуни, А.Н.; Зарипов, В.К. *Тепловые трубы с металловолоконными капиллярными структурами*. К.: Выща школа, 1984. 216 с.
12. Chen, Xianping; Ye, Huaiyu; Fan, Xuejun; Ren, Tianling; Zhang, Guoqi. A review of small heat pipes for electronics. *Applied Thermal Engineering*, Vol. 96, No. 5, P. 1–17, 2016. DOI: [10.1016/j.applthermaleng.2015.11.048](https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2015.11.048).

Поступила в редакцию 14.06.2016

После переработки 31.03.2017