

# БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет технологий управления и гуманитаризации

Кафедра ЮНЕСКО «Энергосбережение и возобновляемые источники энергии»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

  
В.Г. Баштовой

« 03 » 01 2020 г.

## РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

**«Разработка элемента системы охлаждения повышенной мощности для  
микроэлектроники»**

Специальность 1- 36 20 01 «Низкотемпературная техника»

Специализация 1- 36 20 01 01 «Холодильные машины и установки»


Студент-дипломник  
группы 108071-15

  
А.А. Бондаренко

Руководитель:

  
Е.Е. Шумская  
ст. преподаватель

Консультант:

  
Л.П. Гракович  
к.т.н.

Консультант:  
по разделу «Охрана труда»

  
Т.П. Кот  
доц.

Ответственный за нормоконтроль:

  
С.В. Климович  
ст. преподаватель

Объем проекта:  
пояснительная записка <sup>62</sup> страниц;  
графическая часть <sup>8</sup> листов;  
магнитные (цифровые) носители <sup>1</sup> единица

Минск 2020

## Реферат

Дипломный проект :62 стр, 45 рисунков, 5 таблиц, 23 источника, 8 листов графической части формата А1.

В дипломном проекте была рассмотрена технология создания паровой камеры.

В состав дипломного проекта входит литературный обзор по тематике паровой камеры. Проектирование и теоретическое обоснование инновационной системы в составе которой находится паровая камера на основе технологий Института тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова Национальной академии наук Беларуси. Создание, проверка и описание экспериментальной установки для проверки работоспособности паровой камеры как элемента охлаждения. Экспериментальная проверка работоспособности и эффективности модели паровой камеры. Описание и анализ результатов экспериментов.

В пояснительной записке к дипломному проекту также были приложены правила охрана труда техника-конструктора в Институте тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова Национальной академии наук Беларуси. Расчетная стоимость созданной паровой камеры. Список источников, используемых при создании модели и написании пояснительной записки.

В графических материалах дипломного проекта представлены графики, отражающие результаты проведенных экспериментов, принципиальная схема установки, принцип работы паровой камеры, а так же её конструкция. Также представлены чертежи и фотографии паровой камеры, как охлаждающего элемента системы охлаждения микропроцессора.

Испытания паровой камеры на работоспособность и эффективность показали удовлетворительные результаты – система терморегулирования работает согласно заданному техническому заданию.

**Список использованных источников**

1. Sergio Escobar-Vargas, Niru Kumari, Ernesto Ferrer, Rocky Shih, Sarah Anthony, Joshua Hrisiko, Zhimin Wan. Multiple Chip Module Cooling Using Vapor Chamber / Copyright 2016 Hewlett Packard Enterprise Development LP (HIPE-2016-85).
2. Fujikura Technical Review, 2013. P. 70–75.
3. M. Mochizuki, Y. Saito, F. Kiyooka, T. Nguyen, The way we were and are going on cooling high power processors in the industries, in: The Seventh International Symposium in Transport Phenomena, Toyama, Japan, September 4–8, 2006.
4. Mochizuki, M., Saito, Y., Kiyooka, F., Nguyen, Th., Nguyen, Ti. & Wuttijumnong, V. 2007. Advanced Micro-Channel Vapour Chamber for Cooling High Power Processors. Proceedings from IPACK2007.
5. Celsia Available from <http://celsiainc.com/blog-heatpipes-and-vapor-chambers-whats-the-difference/>, accessed October 2017.
6. S. G. Kandlikar, "Critical heat flux in subcooled flow boiling-an assessment of current understanding and future directions for research," Multiphase Science and Technology, vol.13, no.3, pp. 207–232, 2001.
7. X. Ji, J. Xu, and A. M. Abanda, "Copper foam based vapor chamber for high heat flux dissipation," Exp. Therm. Fluid Sci., vol.40, pp. 93–102, 2012.
8. W. Liu, Y. Peng, T. Luo, Y. Luo, and K. Huang, "The performance of the vapor chamber based on the plant leaf," Int. J. Heat Mass Transfer, vol. 98, pp. 746–757, 2016.
9. X. Ji, J. Xu, A. M. Abanda, and Q. Xue, "A Vapor Chamber using extended condenser concept for ultrahigh heat flux and large heater area," Int. J. Heat Mass Transfer, vol. 55, no. 17–18, pp. 4908–4913, 2012.
10. M. Lu, L. Mpk, and R. J. Bezama, "A graphite foams based vapor chamber for chip heat spreading," J Electron Packag, ASME, vol. 128, pp. 427–431, 2006.
11. Yong Li, Wenjie Zhou, Zixi Li, Zhaoshu Chen, Yunhua Gan. Experimental analysis of thin vapor chamber with composite wick structure under different cooling conditions // Applied Thermal Engineering (2019).
12. Wangyu Liu, Jingren Gou, Yuanqiang Luo, Min Zhang. The experimental investigation of a vapor chamber with compound columns under the influence of gravity // Applied Thermal Engineering, vol.140, pp. 131–138, 2018.
13. C.-K. Huang, C.-Y. Su, and K.-Y. Lee, "The effects of vapor space height on the vapor chamber performance," Exp. Heat Transfer, vol.25, no.1, pp. 1–11, 2012.
14. M. Wei, S. Somasundaram, B. He, Q. Liang, C. S. Tan, and E. N. Wang, "Experimental characterization of si micropillar based evaporator for advanced vapor chambers," Electronics Packaging Technology Conference (EPTC), 2014 IEEE 16th, pp. 335–340., 2014.
15. Y.T. Chen, J.M. Miao, D.Y. Ning, T.F. Chu, W.E. Chen, Thermal performance of a vapor chamber heat pipe with diamond-copper composition wick structures, in: International Microsystems, Packaging, Assembly and Circuits Technology Conference, pp. 340–343, 2009.
16. P. Naphon, S. Wongwises, and S. Wiriyaart, "On the thermal cooling of central processing unit of the pcs with vapor chamber," Int. Commun. Heat Mass Transfer, vol. 39, no.8, pp. 1165–1168, 2012.

17. J.-C. Wang, R.-T. Wang, T.-L. Chang, and D.-S. Hwang, "Development of 30 watt highpower LEDs vapor chamber-based plate," *Int. J. Heat Mass Transfer*, vol. 53, no.19–20, pp. 3990–4001, 2010.

18. Об утверждении санитарных норм и правил «Требования при работе с видеодисплейными терминалами и электронно-вычислительными машинами»: постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь, 28 июня 2013 г., № 59 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http:// minzdrav.gov.by](http://minzdrav.gov.by). – Дата доступа: 15.11.2019.

19. ТКП 45-2.04-153-2009 «Естественное и искусственное освещение Строительные нормы проектирования»

20. Об утверждении гигиенического норматива «Предельно допустимые уровни нормируемых параметров при работе с видеодисплейными терминалами и электронно-вычислительными машинами» постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь, 28 июня 2013 г., № 59 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http:// minzdrav.gov.by](http://minzdrav.gov.by). – Дата доступа: 15.11.2019.

21. Об утверждении санитарных норм и правил «Требования к микроклимату рабочих мест в производственных и офисных помещениях»: постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь, 30 апреля 2013 г., № 33 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http:// minzdrav.gov.by](http://minzdrav.gov.by). – Дата доступа: 15.11.2019.

22. Об утверждении санитарных норм и правил Санитарных норм и правил «Требования к контролю воздуха рабочей зоны»: постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь, 11 октября 2017 г., № 92 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http:// minzdrav.gov.by](http://minzdrav.gov.by). – Дата доступа: 15.11.2019.

23. ТКП 474-2013 (02300) Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. – Минск: Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, 2013. – 53 с.