

**Application software ThermaCAM Researcher in the study of heat transfer devices
Gadelshin M.¹, Kibardin A.², Vyuzova K.³**

**Применение программного продукта ThermaCAM Researcher в исследовании
теплопередающих устройств
Гадельшин М. Ш.¹, Кибардин А. В.², Выгузова К. В.³**

¹Гадельшин Марат Шавкатович / Gadelshin Marat - кандидат физико-математических наук, доцент,
кафедра технической физики;

²Кибардин Алексей Владимирович / Kibardin Alexey - кандидат физико-математических наук, доцент,
кафедра вычислительной техники,
Физико-технологический институт

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина;

³Выгузова Ксения Валерьевна / Vyuzova Kseniya – ассистент,
кафедра информационных технологий и защиты информации, электротехнический факультет,
Уральский государственный университет путей сообщения, г. Екатеринбург

Аннотация: в данной работе выполнен анализ работоспособности плоской тепловой трубы с применением программного продукта ThermaCAM Researcher. Показано, что испаритель плоской тепловой трубы работает эффективно при различных плотностях тепловых нагрузок и наклонах.

Abstract: in this research we have investigated working efficiency of flat heat pipe with ThermaCAM Researcher software product. It is shown that a flat heat pipe evaporator operates efficiently at different densities of thermal loads and slopes.

Ключевые слова: плоская тепловая труба, отвод тепла, плотность тепловой нагрузки, коэффициент теплоотдачи при испарении, тепловизор.

Keywords: flat heat pipe, heat removal, the density of the heat load, evaporation heat transfer coefficient, thermal imager.

Плоские тепловые трубы с успехом применяются для отвода тепла от различных приборов электроники, характеризующихся значительными по размеру плоскими поверхностями тепловыделения [1, 2]. В данной работе проведено тепловизионное исследование эффективности функционирования плоской тепловой трубы с применением программного продукта ThermaCAM Researcher. Устройство выполнено с зонами испарения и конденсации достаточно большой площади. Материалом всех элементов плоской тепловой трубы (ПТТ) служит нержавеющая сталь марки 12Х18Н10Т. Корпус выполнен из двух листов толщиной 0,3 мм. Капиллярно-пористая структура получена диффузионной сваркой одновременно нескольких слоев мелких сеток с внутренней поверхностью корпуса. Состоит из трех слоев с размерами ячеек 0,080 мм и шести слоев сеток с размерами ячеек 0,056 мм.

В середине устройства между капиллярно-пористыми структурами расположена крупная сетка толщиной 2 мм, выполненная из проволоки диаметром 1 мм с шагом 3 мм. Крупная сетка является паропроводом и элементом жесткости одновременно; она так же соединена обеими сторонами диффузионной сваркой с капиллярно-пористой структурой. Размеры плоской тепловой трубы составили: длина – 260 мм, ширина – 144 мм, толщина – 3,5 мм.

Система подвода тепла в зону испарителя включает в себя две стальные пластины длиной 133 мм, шириной 38 мм и толщиной 1,2 мм, расположенные по обеим сторонам плоской тепловой трубы и отделенные от корпуса слоем теплопроводной пасты КПТ-8 толщиной 0,15 мм для обеспечения электрической изоляции. Нагрев осуществляется организацией электрического тока через пластины.

Исследование заключается в измерении распределения температур на поверхности пластин нагрева и адиабатической зоне с использованием тепловизора FLIR A320 с разрешающей способностью 0,08°С. Интенсивность теплоподвода q определялась при известной площади нагревательных пластин S электрической мощностью системы нагрева по данным измерения напряжения U и тока I по формуле

$$q = \frac{UI}{S}$$

Система отвода тепла выполнена из двух плоских медных пластин, расположенных с обеих сторон плоской тепловой трубы и охлаждаемых водой. Нагреватель и система охлаждения установлены с расстоянием между ними 133 мм.

Для повышения точности проведения измерений тепловизором на исследуемых поверхностях нанесено покрытие, обеспечивающее близкое к единице значение коэффициента излучательной способности.

При обработке данных тепловизионных измерений с использованием программного продукта ThermoCAM Researcher для получения распределения температуры по длине и ширине нагревателя на термограмму наносились перпендикулярные друг другу семейства прямых линий, для которых программой выдавались значения температур.

Измерения проведены были при различных ориентациях; здесь существенным фактором является взаимное расположение испарителя и конденсатора. Например, угол наклона в 30° между рабочей плоской поверхностью и горизонталью соответствует расположению испарителя над конденсатором.

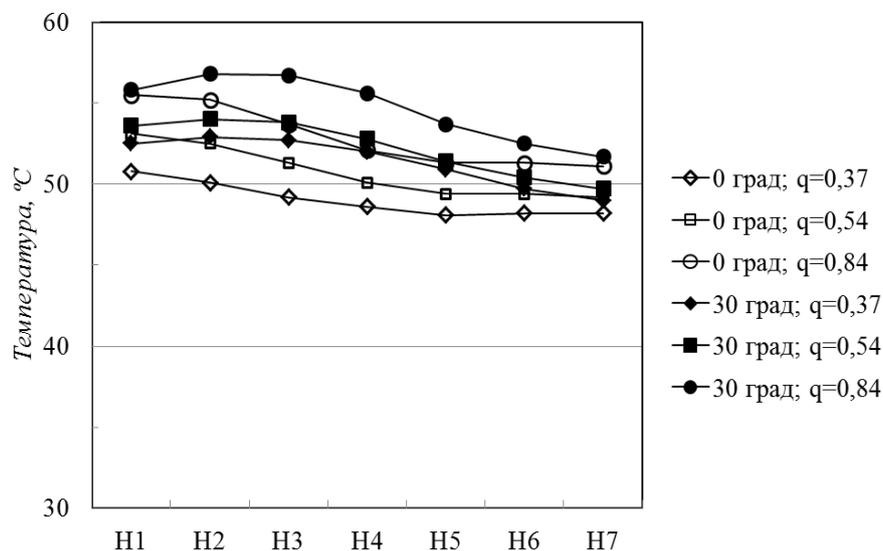


Рис. 1. Распределение температуры по ширине нагревателя при плотностях тепловых нагрузок q , равных 0,37, 0,54 и 0,84 Вт/см² для углов наклона плоской тепловой трубы 0 (горизонтальная ориентация) и 30 градусов, соответственно. Здесь Н1, Н2, ... Н7 – равномерно распределенные по ширине нагревателя участки наблюдения

Результаты измерения распределения температур при плотностях тепловых нагрузок q , равных 0,37, 0,54 и 0,84 Вт/см² для углов наклона тепловой трубы 0 (горизонтальная ориентация) и 30 градусов, представлены на рис. 1 и 2. Стандартное отклонение каждого результата измерения составило менее $0,8^\circ\text{C}$. При заданной тепловой нагрузке в адиабатной зоне имеет место постоянство температуры, определяемое температурой пара; поэтому изменение T соответствует изменению ΔT , характеризующей коэффициент теплоотдачи при испарении α в соответствии с выражением $\alpha = q/\Delta T$; здесь ΔT – перепад температур между нагревателем и адиабатической зоной. Более низкие значения T свидетельствуют о более эффективном отводе тепла испарением. Удаленные от охладителя участки нагревателя (участок Н1), для которых затруднена подача теплоносителя, имеют повышенные значения температур. Но вместе с тем имеет место достаточно эффективный теплоотвод (рис. 1). Из рис. 2 следует, что крайние участки по длине нагревателя лучше охлаждаются, что объясняется более благоприятными условиями подачи к эти участкам теплоносителя.

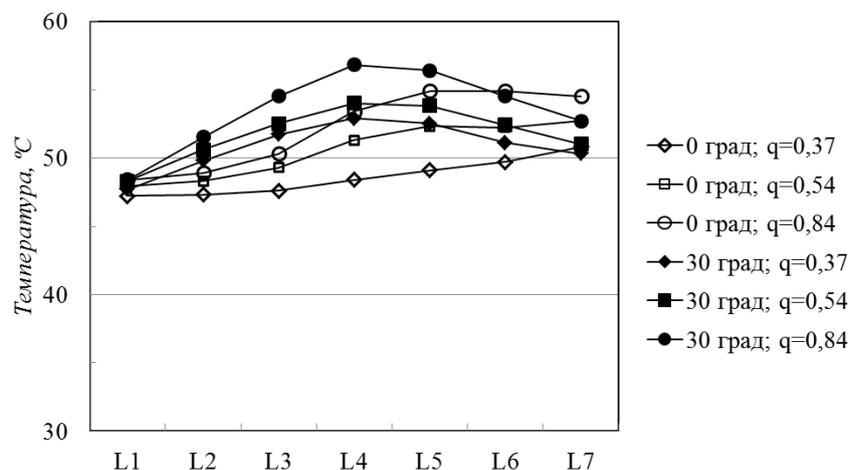


Рис. 2. Распределение температуры по длине нагревателя при плотностях тепловых нагрузок q , равных 0,37, 0,54 и 0,84 Вт/см² для углов наклона плоской тепловой трубы 0 (горизонтальная ориентация) и 30 градусов, соответственно. Здесь L1, L2, ... L7 – равномерно распределенные по длине нагревателя участки наблюдения

По данным измерений были проведены оценки коэффициента теплоотдачи при испарении α . Результаты вычислений для основных факторов, влияющих на работоспособность тепловой трубы, представлены в таблице.

Таблица 1. Влияние условий испытания на работоспособность тепловой трубы

Коэффициент теплоотдачи α при испарении, Вт/м ² К		Плотность теплопотока q , Вт/см ²		
		0,37	0,54	0,84
Угол наклона тепловой трубы, град.	0	1439	1170	1352
	30	766	922	1108

Проведённое исследование показывает достаточно эффективную работу испарителя плоской тепловой трубы данной конструкции при различных нагрузках и ориентациях в пространстве.

Литература

1. Дан П. Д., Рей Д. А. Тепловые трубы / пер. с англ. Ю. А. Зейгарник. М.: Энергия, 1979. 272 с.
2. Герасимов Ю. Ф., Долгирев Ю. Е., Гадельшин М. Ш. Крупногабаритные плоские тепловые трубы // II Минский международный форум (18 – 22 мая 1992г.) «Тепломассообмен ММФ–1992». Том VII. Тепломассообмен в капиллярно-пористых средах. Минск: Академия наук Беларуси «АНК Институт тепло- и массообмена им. А. В.Лыкова», 1992. С. 108-114.