

УДК 536.248.2

ВЛИЯНИЕ ДЛИНЫ ЗОНЫ НАГРЕВА НА ТЕПЛОПЕРЕДАЧУ В ТЕРМОСИФОНЕ

А. Н. Наумова, д. т. н. Ю. Е. Николаенко, к. т. н. В. Ю. Кравец, А. Я. Паламарчук

НТУУ «Киевский политехнический институт»

Украина, г. Киев

yaaya_2000@ukr.net, yunikola@ukr.net

Представлены экспериментально полученные зависимости основных тепловых характеристик тепловой трубы, предназначенной для охлаждения светодиодных модулей, от длины зоны нагрева в диапазоне 10 — 50 мм. Показано, что лучшими характеристиками обладает тепловая труба со значениями длины зоны нагрева 40 — 50 мм. На основании полученных результатов предложены рекомендации по выбору конструкции светодиодного модуля.

Ключевые слова: тепловая труба, длина зоны нагрева, светодиодный модуль.

В современных энергоэффективных бытовых осветительных приборах (люстрах) все более широкое применение находят мощные светодиодные модули (СДМ) на основе полупроводниковых светоизлучающих диодов. Поскольку характеристики всех полупроводниковых устройств в значительной степени зависят от температуры, задача охлаждения СДМ является актуальной и приоритетной для обеспечения их длительного и эффективного функционирования [1].

С целью повышения эффективности охлаждения СДМ в составе люстры в [2, 3] предложено в качестве элементов ее каркаса использовать тепловые трубы (ТТ), в зоне нагрева (ЗН) которых устанавливаются СДМ, а в зоне охлаждения — оребренная поверхность теплообмена. При этом важно знать размеры ЗН и СДМ, обеспечивающие наименьшую температуру в ЗН тепловой трубы при заданной мощности СДМ. Вместе с тем, в литературе практически отсутствуют данные об исследованиях длинных (800—900 мм) ТТ диаметром 8—12 мм с короткой зоной нагрева (10—50 мм). Например, в [4, 5] исследовались двухфазные испарительные устройства с длиной ЗН 200 мм и 100—370 мм.

В настоящей работе были исследованы тепловые характеристики длинной ТТ с короткой ЗН, определено влияние ее длины на температуру в ЗН и на выбор длины СДМ.

Для исследования был изготовлен экспериментальный образец медной ТТ с металловолоконистой капиллярной структурой (МВКС) длиной 830 мм, имеющий внешний диаметр корпуса 12 мм, внутренний диаметр — 10 мм. Длина ЗН определялась размерами СДМ и могла изменяться в пределах от 10 до 50 мм с шагом 10 мм. Толщина МВКС составляла 0,5 мм, пористость 85%. Теплоноситель — этанол. Количество теплоносителя выбрано таким, чтобы при максимальных размерах СДМ зона нагрева была полностью заполнена. ТТ располагалась вертикально с размещением ЗН внизу. Тепловой поток имитировался электрическим нагревателем с изменяющейся от 2 до 30 Вт мощностью.

По результатам проведенных экспериментальных исследований были определены зависимости максимальной и средней температуры в зоне нагрева ТТ от длины этой зоны (рис. 1) и термического сопротивления ТТ от подведенного теплового потока (рис. 2). Как видно из рис. 1, наименьшая температура в зоне нагрева наблюдалась при максимальной ее длине — 50 мм. Кроме того, при длине ЗН 40—50 мм, в отличие от 10—30 мм, средняя температура незначительно отличается от максимальной, независимо от величины подводимого теплового потока. При этом теплоноситель внутри ТТ прогревается по всему объему ЗН более равномерно, а процессы теплообмена на внутренней поверхности ЗН, соприкасающейся с теплоносителем, происходят одинаково эффективно по всей ее площади (или по всей длине).

Анализ рис. 2 показывает, что с ростом теплового потока в ЗН термическое сопротивление падает. При малых значениях теплового потока в зоне нагрева ТТ работает в испарительном режиме. Перенос теплоты в ЗН осуществляется путем теплопроводности и конвекции теплоносителя, что обу-

словливает высокое термическое сопротивление ТТ. С ростом теплового потока происходит переход от испарительного режима работы к режиму кипения теплоносителя, при котором интенсивность теплообмена значительно выше, что приводит к существенному снижению термического сопротивления ТТ. При этом наименьшие значения термического сопротивления ТТ при кипении теплоносителя соответствуют наибольшей длине ЗН.

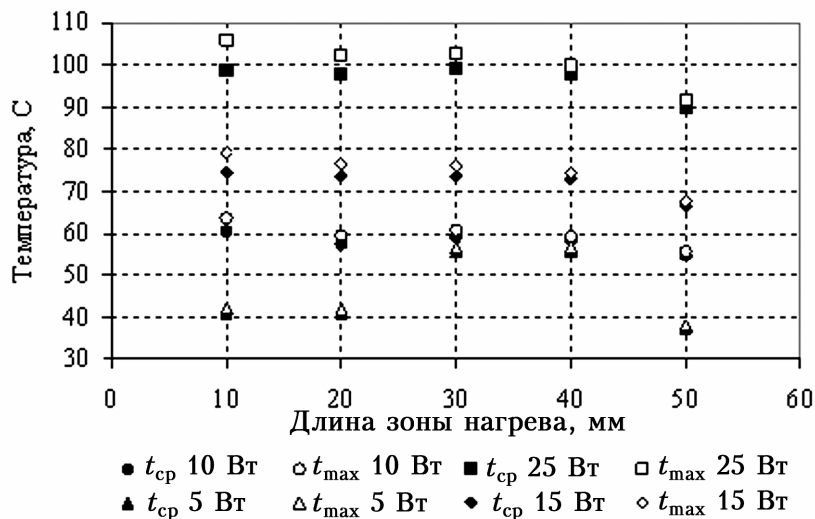


Рис. 1. Зависимость максимальной (t_{max}) и средней (t_{cp}) температуры в зоне нагрева термосифона от ее длины при разной мощности теплового потока

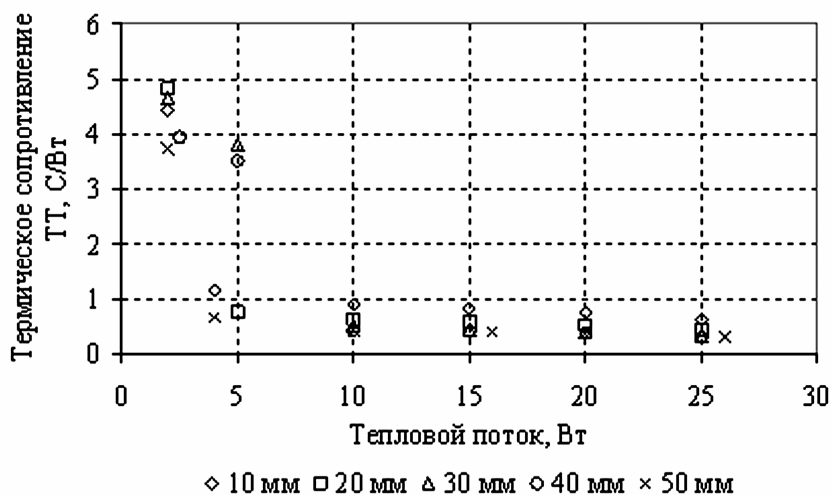


Рис. 2. Зависимость термического сопротивления термосифона от подведенной тепловой мощности для разных значений длины зоны нагрева

На основании результатов проведенных экспериментальных исследований можно рекомендовать для использования в макете светодиодной люстры конструкцию светодиодных модулей длиной 40–50 мм, что обеспечит минимальное значение температуры их при заданной мощности.

A. N. Naumova, Yu. E. Nikolaenko, V. Yu. Kravets, A. Ya. Palamarchuk.
Influence of heater length on heat transfer in the thermosiphon.

The article presents basic heat transfer characteristics of the copper/ethanol thermosiphon depending on its heater length that changed from 10 to 50 mm. The results have shown that longer heaters (40–50 mm) warm the heat carrier up better than shorter ones, thus ensuring the best characteristics of the thermosiphon. Based on these results, it is recommended to choose heating elements with appropriate length or calculate exact amount of the heat carrier while producing the thermosiphon intended for LED modules cooling to ensure their optimal functioning.

Keywords: *thermosiphon, heater length, LED module, heat transfer.*