

УДК 62-711

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ СВІТЛОДІОДНОГО СВІТИЛЬНИКА НА ОСНОВІ ТЕПЛОВОЇ ТРУБИ

Є. В. Биков, к. т. н. А. Б. Рассамакін, к. т. н. С. М. Хайрнасов, к. т. н. Б. М. Рассамакін

НТУУ «Київський політехнічний інститут»
Україна, м. Київ
office@lab-hp.kiev.ua, ybukov@gmail.com

Метою даного дослідження є випробовування конструкції системи охолодження для промислового світлодіодного світильника, побудованої за принципом теплової труби — «парова камера». Експериментально доведено забезпечення належного температурного рівня світлодіодів світильника загальною потужністю 196 Вт. Підтверджено ефективність роботи пристрою на основі принципу теплових труб шляхом порівняння з аналогічним за геометрією радіаторним профілем.

Ключові слова: світлодіод, система охолодження, тепла труба, парова камера.

Економія електроенергії через використання енергозберігаючих промислових світильників для освітлення є важливою частиною політики сучасних підприємств. Серед них можна виділити світлодіодні освітлювальні пристрої, які впевнено виходять на провідні позиції в галузі освітлення, оскільки відрізняються високою енергоефективністю, довговічністю, надійністю та можуть працювати в різних режимах та в широкому діапазоні температур навколишнього середовища.

Висока ефективність світлодіодів пояснюється тим, що вони майже не випромінюють світло невидимого спектру (в ІЧ- та УФ-діапазонах випромінювання практично дорівнює нулю), проте при проходженні крізь світлодіод струму в ньому виділяється значна кількість внутрішньої теплоти. За даними Департаменту енергетики США [1], кількість теплоти, що виділяється при проходженні струмом *p-n*-переходу, може сягати 75...85% від загальної електричної потужності пристрою, а решта енергії (майже до 25%) йде на випромінювання у видимому спектрі. Для порівняння для ламп розжарювання кількість енергії, що йде на випромінювання у видимому спектрі дорівнює 8%, решта йде на випромінювання в ІЧ-діапазоні (до 73%), та виділяється у вигляді теплоти (до 19%) [1]. Цим пояснюється більш значна ефективність світлодіодних освітлювальних приладів.

У зв'язку з цим, а також із постійним розвитком галузі [2] — збільшенням потужності та зменшенням габаритів світлодіодів — постає проблема забезпечення ефективного відведення тепла від монтажної поверхні світлодіода. Завдання полягає в забезпеченні належної температури *p-n*-переходу світлодіода, для чого розробляються та встановлюються високоефективні системи охолодження.

За принципом дії системи охолодження розрізняють на пасивні та активні. Пасивні системи загалом представляють собою радіатори. Перевагами їх використання є простота конструкції, надійність, дешевизна та відсутність додаткових енерговитрат. Проте їх використання обмежується геометричними та масовими параметрами через низьку ефективність тепловіддачі при охолодженні вільною конвекцією. Використання активних систем охолодження — охолодження за допомогою примусового руху теплоносія: повітря (за допомогою вентилятора), води (використовуючи рідинний контур) — покращує теплообмін та забезпечує необхідний температурний рівень. Проте в активних системах охолодження існують значні недоліки, такі як необхідність додаткового обладнання, висока первинна вартість, шум, експлуатаційні витрати, низька надійність. Все вищезгадане, спонукає розглядати питання щодо пошуку альтернативних ефективних систем охолодження.

Попередні дослідження, в яких порівнювалися різні системи охолодження, свідчать про високу доцільність використання теплових труб, для відбору теплоти та підтримання теплового режиму електронних пристроїв взагалі, та світлодіодних ламп зокрема [3]. Авторами було спроектовано та випробовано саме таку систему охолодження. Ця система — «парова камера» — діє за принципом теплової труби. У герметичному корпусі, заповненому теплоносієм, відбувається перенесення теплоти у без-

перервному внутрішньому випарно-конденсаційному циклі. Таким чином, парова камера являє собою так званий надпровідник тепла, що в робочому режимі забезпечує майже рівномірний розподіл температур по власній поверхні.

Досліди проводилися для системи охолодження світлодіодного світильника (рис. 1), що споживає електричну потужність 196 Вт (та генерує теплову потужність до 147 Вт). Система охолодження має форму ребреного алюмінієвого циліндра висотою 230 мм, діаметром 170 мм. На нижній частині конструкції встановлено світлодіоди (7 кластерів по 3 світлодіоди), що під час роботи виділяють теплову потужність до 147 Вт. Температура навколишнього середовища знаходилась в діапазоні $21 \pm 0,5^\circ\text{C}$. Було розглянуто два положення світильника: вертикальне розташування та розташування під кутом 45° до горизонту. Під час дослідів фіксувалися температури в чотирьох точках на поверхні системи охолодження та додатково проводилися виміри температури на поверхні кластерної збірки світлодіодів. Виконано порівняння температурних залежностей у відповідних точках конструкції «парова камера» із аналогічним за геометричними параметрами та матеріалом радіаторним профілем. Для аналізу отриманих результатів було розглянуто дані для крайніх точок конструкції — на нижній (точка «низ») та на верхній поверхні системи охолодження (точка «верх»).

Порівняльний тепловий аналіз (рис. 2) конструкції «парова камера» з аналогічним радіаторним профілем показує суттєву різницю в температурі на поверхні монтажу світлодіодів — до 19°C . Низький рівень температури в системі охолодження «парова камера» обумовлено рівномірним температурним розподілом по поверхні конструкції і, як наслідок, більш ефективним відведенням теплоти.



Рис. 1. Зовнішній вигляд світильника з системою охолодження

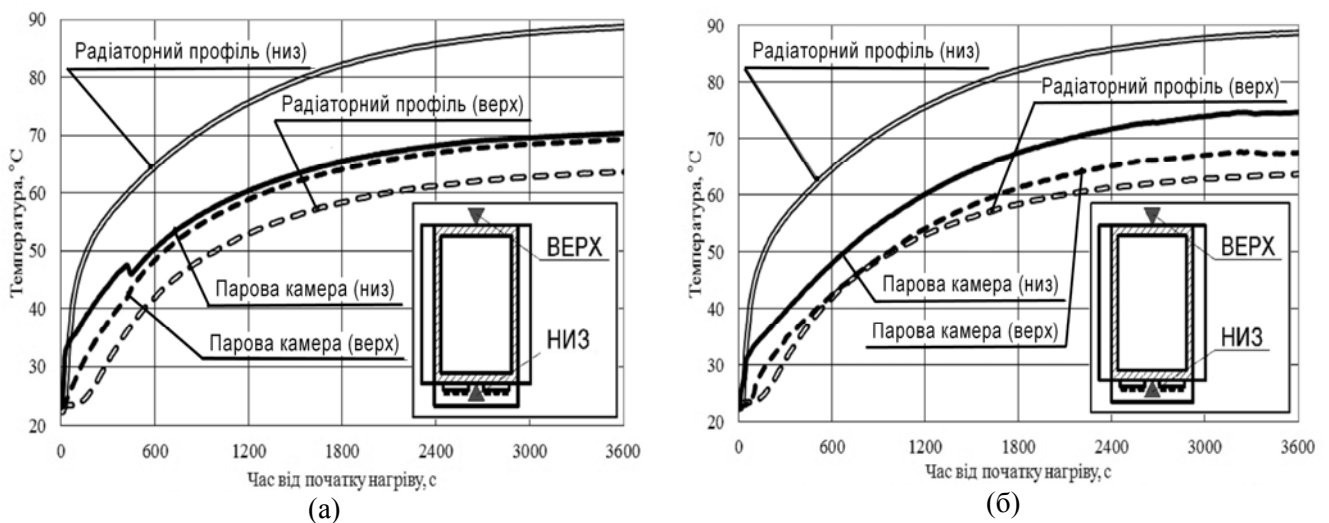


Рис. 2. Порівняння температурних режимів парової камери і радіаторного профілю:
a — при вертикальному розміщенні пристрою; *б* — при розміщенні пристрою під кутом 45°

Із порівняння можна зробити висновок, що робота системи охолодження в вертикальному положенні характеризується оптимальним перепадом температур між зонами підводу і відводу тепла. У стаціонарному режимі такий перепад сягає $2\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Варіанти розміщення системи під кутом погіршують роботу парової камери: температурний перепад на її поверхні збільшується до $7,5\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, що в свою чергу збільшує загальний рівень температур на світлодіодах до 75°C . Але роботу системи в таких несприятливих умовах прийнято теж задовільною, у порівнянні із використанням аналогічного радіаторного профілю.

На закінчення можна підсумувати, що проведені дослідження для промислового світлодіодного світильника загальною електричною потужністю 196 Вт (теплова потужність, що відводиться, 147 Вт) дають можливість оцінити рівень температур на системі охолодження світильника та охарактеризувати тепловий режим роботи світлодіодів. Ґрунтуючись на отриманих температурних залежностях в розглянутих точках: на верхній та нижній основах системи охолодження, та порівнявши рівень температур в цих точках, можна стверджувати, що система охолодження «парова камера» забезпечує належний температурний режим як для умов вертикального розташування, так і під кутом до горизонту.

В подальшому автори планують продовжувати дослідження для визначення оптимальних конструктивних параметрів системи охолодження з метою інтенсифікації теплообміну, а також розробляти та пропонувати нові конструкції систем охолодження, які працюють за принципом теплової труби, що розраховані на відвід більших теплових потужностей від світлодіодів.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. <http://www.energy.gov>
2. Славяна Румянцева. Выход в свет // Промышленно-строительное обозрение.— 2008.— № 108.— С. 9—14.
3. Christopher A. Soule. Heat Pipe Reliability in High-Power Applications // Power Electronics Technology.— 2004.— 08.— P. 40—44.

I. V. Bykov, A. B. Rassamakin, S. M. Khairnasov, B. M. Rassamakin

Research on thermal state of LED lights cooling system based on the heat pipes technology.

The purpose of this study is to test a cooling system for industrial LED lights. The system is based on the heat pipe principle — "vapor chamber". Experimental results show the possibility of keeping the LED lamps temperature in an appropriate range under the total electrical power of the lights of 196 W. The efficiency of the heat-pipe based cooling system is confirmed by comparison with the radiator profile of the same geometry.

Keywords: *light emitting diode (LED), cooling system, heat pipe, vapor chamber*