

А.І. Колесник,¹ Д.О. Усіченко¹²¹Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна²Державне підприємство «Харківський регіональний науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації», Україна

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ СВІТЛОДІОДНОГО СВІТИЛЬНИКА З КОРПУС-РАДІАТОРОМ БЕЗРЕБЕРНОГО ВИКОНАННЯ

Вирішується задача оптимізації теплового режиму освітлювальних приладів на основі світлодіодних джерел світла за рахунок удосконалення конструкції корпус-радіатора.. Проведено аналіз основних світлотехнічних і електричних характеристик зразків світильника. Отримані результати дозволяють вирішити задачу теплового режиму роботи освітлювальних приладів.

Ключові слова: світлодіод, світлодіодний світильник, тепловий дизайн, корпус-радіатор, ребра.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень та публікацій

Сучасні світлові прилади розробляються з застосуванням високоефективних та надійних джерел світла, якими є світлодіодні лампи, що перевершують значення світлової віддачі і терміну служби своїх попередників: ламп розжарення, люмінесцентних, натрієвих, галогенних ламп. При цьому світлодіодні лампи поступаються більшості перерахованих ламп в ціні і, як правило, мають незвичний дизайн. Крім того, істотною рисою відомих конструкцій світлодіодних ламп, що відрізняє їх від традиційних, є використання ребер-випромінювачів теплової енергії. Проектування будь-якого світлового приладу починається з розрахунку світлотехнічних характеристик, найважливішою з яких є світлорозподіл [1]. Світлорозподіл - це форма фотометричного тіла, що описується кривими сили світла та ефективністю (світловіддачею). У проведеному дослідженні [2] була спроектована і проаналізована модель світлодіодного світильника, корпус-радіатор якого виконаний з алюмінієвого профілю, масова частка якого становить 96% покритого оксидом алюмінію, методом анодування довжиною 550мм. Особливість даної конструкції у ефективному розташуванні ребер-випромінювачів під кутами 45°, 48° та 54° відносно горизонтальної вісі. Було виявлено, що ефективність розсіювання тепла вища для світильників які мають радіатор з ребрами, що характеризуються меншою товщиною, і в разі збільшення їх кількості – є можливість збільшити потужність. Це пов'язано з більшою поверхнею контакту з навколишнім середовищем. На підставі досліджень, розроблений спеціальний корпус-радіатор з ребрами. Таке рішення повинно знизити вартість корпусу світильника і зменшити його вагу. Незважаючи на

те, що даний корпус взагалі краще відводив тепло, ребра світильника виконували свою роль, охолоджували корпус. Але постало питання порівняння відомих конструкцій радіаторів, з метою здешевлення кінцевої продукції. Саме з урахуванням вище поданого, на меті є розроблення конструкції радіатора без ребер-випромінювачів теплової енергії та порівняти їх. Просте і логічне конструктивне рішення світлодіодного світильника – зменшити площу випромінювання та розрахувати вихідні параметри.

Ціль та мета статті

Основною метою є розробка прототипу конструкції світлодіодного світильника та порівняння світлотехнічних характеристик з [3]. Отримати уявлення про тепловий розподіл світлодіодів в системі світлового пристрою, розраховувати і вимірювати тепловий опір елементів корпусу світильника.

Таким чином, метою роботи є прогнозування терміну служби світильника на базі LED-джерела, а для досягнення заданої мети слід вирішити такі завдання: - проаналізувати залежність світлового потоку, світлової віддачі і прямої напруги LED від струму для відомих конструкцій світильників. Для визначення критичних режимів при постійній температурі навколишнього середовища, визначити температурний коефіцієнт напруги LED, порівняти з однокристалією конструкцією і врахувати ці дані при проведенні теплового розрахунку і прогнозування терміну служби LED. Провести теплові дослідження конструкції LED-світильника з урахуванням відсутності конвекції і відведенням тепла тільки через місця контактного зварювання до металевих частин опорної конструкції всередині світильника, методом термографії та комп'ютерного розрахунку[4,6]. За результатами теплових розрахунків в залежності від температури навколишнього середо-

вища звести данні у таблицю і порівняти з результатами вимірів корпус-радіатора з ребрами.

Виклад основного матеріалу

Для проведення дослідження обрано три макетних зразка світлодіодного світильника (рис.1-3) з різними типами кінцевої оптичної системи, під номерами: зразок типу №1 матове скло; зразок типу №2 прозоре скло та зразок №3 потужний світильник з прозорим склом.

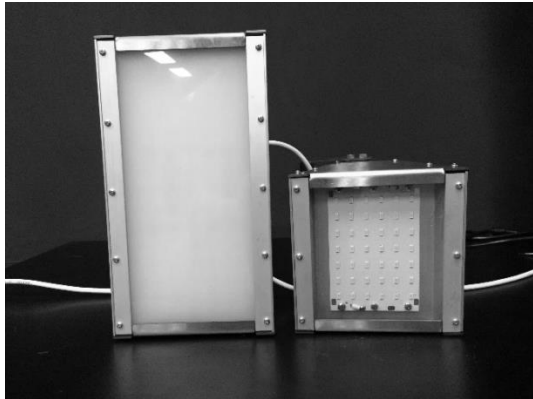


Рис. 1. Світильники потужністю:
№1 – 35 Вт; №2 – 18 Вт

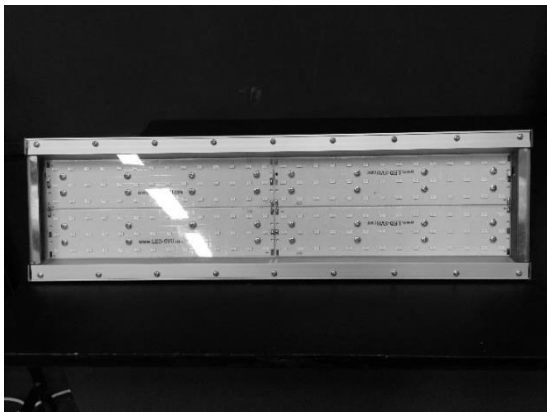


Рис. 2. Світильник №3 потужністю 70 Вт

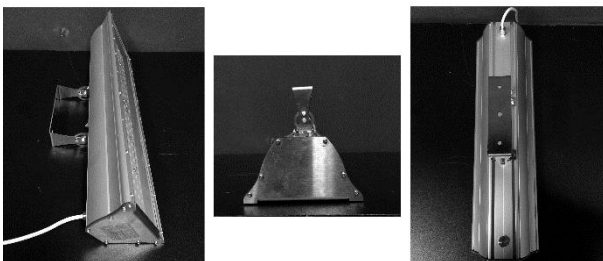


Рис. 3. Вид корпус-радіатора

Графік залежності світлового потоку має типовий для світлодіодів вид (рис. 4, а), де на початковому етапі залежність має лінійний характер і світловий потік зростає з ростом значення прямого струму. У центральній частині залежність змінює характер, і світловий потік починає знижуватися з ростом електричного навантаження, що пов'язано з нагріванням активної області кристалів і пояснюється

збільшенням частки безвипромінювальної рекомбінації носіїв в матеріалі кристала. При подальшому збільшенні електричного навантаження відбувається теплове руйнування кристалів, а також виникає ефект стягування струму під омичними контактами кристала, що призводить до локального перегріву приконтракної області кристала [5].

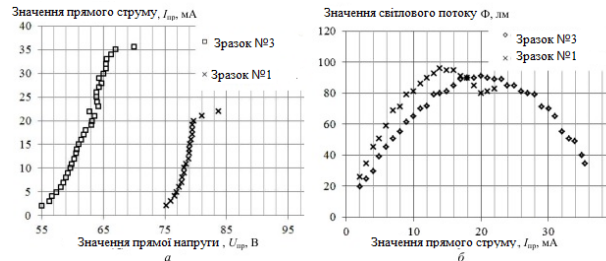


Рис. 4. Графіки залежностей світлового потоку від струму (а), вольт-амперні характеристики (б)

Теоретичні дослідження показали, що основні плюси даного варіанту полягали в тому, що корпус-радіатор є змінним для більшості джерел живлення, і змінити його не є складною операцією, оскільки розміри порожнини радіатора є фіксованими, а довжина може бути різною. Таке рішення повинно знизити вартість корпусу світильника і зменшити його вагу [7,8]. Саме для порівняння проведені випробування зразків світильника потужністю 18 Вт, 35 Вт та 70 Вт. Результати наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Електричні та світлотехнічні параметри світильників

	Зразок №1	Зразок №2	Зразок №3
Параметри	35 Вт	18 Вт	70 Вт
Активна потужність споживання (P, Вт)	35 (±2%)	18 (±2%)	70 (±2%)
Коефіцієнт потужності (PF)	0,53	0,46	0,97
Повний коефіцієнт гармонічних спотворень струму (THD, %)	<7%	<7%	<7%
Сила світла (I_{\max} , кд)	1351	779,5	3230
Світловий потік (F, лм)	3303,05	2120,1	8594,1
Світлова віддача (E_v , лм/Вт)	103,23	127,19	124,55
Корельована колірна температура (CCT, К)	6241	6056	6264
Індекс кольоропередачі (R_a)	82,4	81,4	81,6
Коефіцієнт пульсацій освітленості (K_p , %)	5,0	5,0	5,0
Клас світлорозподілу *	*	*	*
Тип кривої сили світла (C0/180) *	К (концентрована)	К (концентрована)	К (концентрована)

* - згідно ГОСТ Р 54350-2011 та ГОСТ 17677-82.

K_Φ - коефіцієнт форми кривої сили світла.

Зважаючи на те, що даний корпус взагалі краше відводив тепло, в порівнянні з іншими аналогами, необхідно провести термографічний аналіз з використанням інфрачервоної камери TROTec (рис.4).

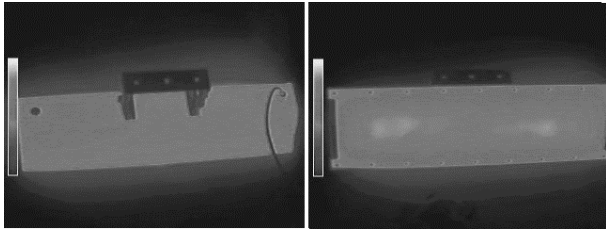


Рис. 4. Вимірювання тепловізором зразка світильників

Вагогабаритні характеристики світильника визначаються, в першу чергу, параметрами радіатора, необхідного для ефективного відведення тепла від світловипромінювальних елементів. Оскільки світловий потік, що випромінюється світлодіодом, залежить від струму, що протікає, питання побудови тепловідведення з оптимальними вагогабаритними характеристиками для тепловідляючих елементів ґрунтується на виборі оптимального діапазону споживаного струму світлодіодами при забезпеченні робочого режиму тепловідведення радіатором [6,9]. Результати вимірювань температури корпусу відповідно, для світильника 70 Вт – 61 ± 2 °C; для світильника 35 Вт – 57 ± 1 °C; для світильника 18 Вт – 47 ± 1 °C. Температура в області світлодіодного модуля становить +50 °C, що є відмінним результатом при номінальних даних фірми виробника світлодіодів Seoul Semiconductor 120 °C.

Для більш точного проведення дослідження параметрів виготовленого зразка є необхідність отримання просторового розподілу кривої сили світла та спектрального випромінювання для кожного зразка (рис.5-10).

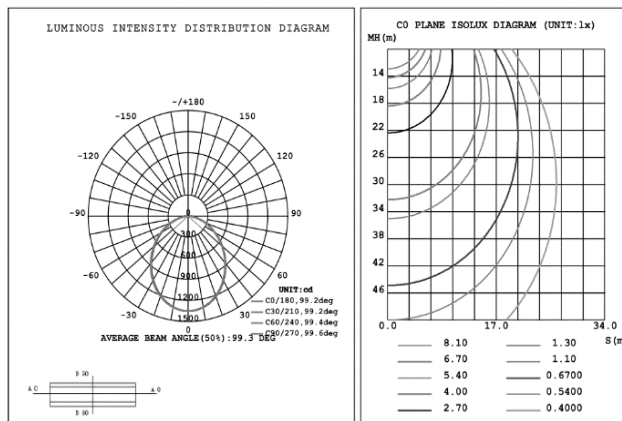


Рис. 5. Крива сили світла зразка №1

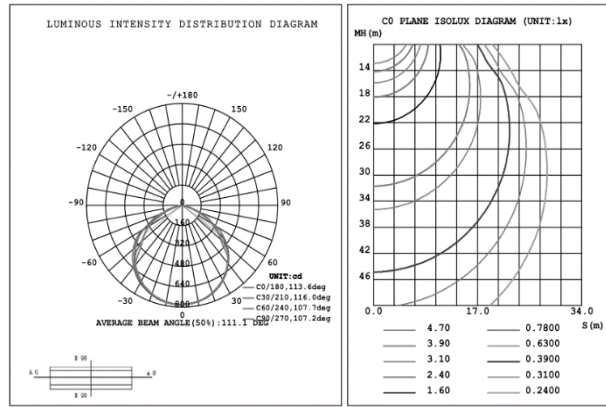


Рис. 6. Крива сили світла зразка №2

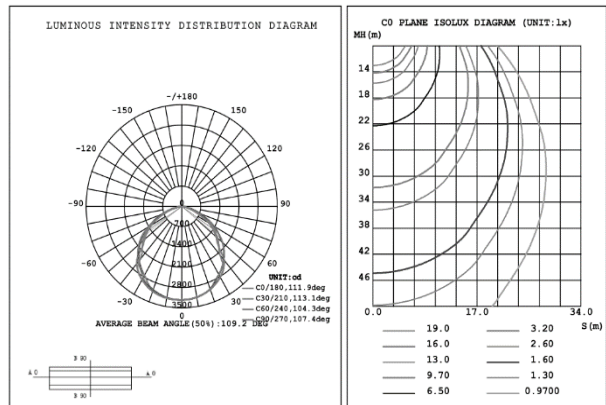


Рис. 7. Крива сили світла зразка №3

Аналізуючи результати вимірювань світильників, можна стверджувати, що світильник має гарні світлотехнічні показники. Тобто використання конструкції без ребер дає змогу зменшити площу випромінювання не погіршуючи якості освітлення – величину світлового потоку.

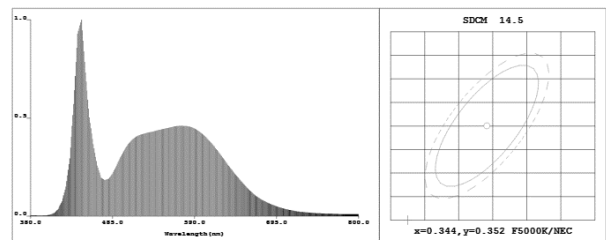


Рис. 8. Спектр випромінювання світильника потужністю 70 Вт

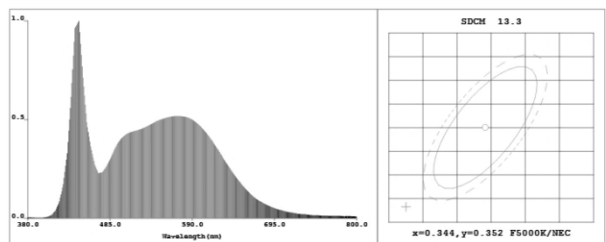


Рис. 9. Спектр випромінювання світильника потужністю 18 Вт

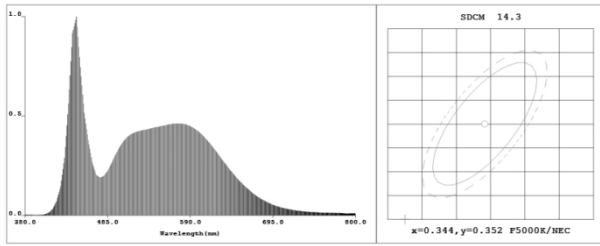


Рис. 10. Спектр випромінення світильника потужністю 35 Вт

Висновки

Обробка результатів експерименту показала, що конструкція радіатора з ребрами є ефективнішою, в плані відводу тепла, на 10% ніж конструкція виготовлена без ребер. В якості параметра, як конструктивний режим та витрати на матеріали, конструкція без ребер є вигіднішою. Ще одним плюсом світильників з радіатором без ребер є використання в різних положеннях, тобто сам температурний режим роботи не залежить від якого кута встановлено світильник на консолі або кронштейні. А для конструкції [3] необхідно для ефективного відводу тепла використовувати відповідні кути нахилу положення світильника. Саме тому, рекомендовано використовувати такі світильники без ребер для освітлення цехових приміщень та вуличного освітлення. Також, конструкція, що використовується в даному світильнику при застосуванні його у зовнішньому середовищі швидко покривається пилом, що призводить до перегріву світильника і зниженню світлового потоку в цілому. Для аномального режиму роботи, наприклад за високих та низьких температур, рекомендовано використовувати світильники з ребристим тепловідводом.

Отримані результати дозволяють вирішити задачу теплового менеджменту освітлювальних приладів (підтримання сумарного світлового потоку на заданому рівні протягом всього терміну служби світильника) в автоматичному режимі, що сприяє зменшенню витрат на проведення ремонтно-профілактичного обслуговування світильників і підвищенню загального терміну безвідмовної роботи системи вуличного освітлення в цілому.

Література

1. Škoda, J., Baxant, P., Krbal, M., Sumec, S., Pavelka, T. (2013) Photometry of LED sources. *Przegląd Elektrotechniczny*, 6, 341- 344.
2. Колесник, А. І. Методики та результати експериментальних досліджень відводу тепла від світлодіодного приладу [Текст] / А. І. Колесник, Д. О. Усиченко, Л. А. Назаренко // *Світлотехніка та електроенергетика*. – 2017. – № 49 (2). – С. 25-29.
3. Заявка на корисну модель. u201804798 Україна. *Світлодіодний світильник [Текст]* / А. І. Колесник, Д.

О. Усиченко, К. І. Суворова ; Харків. нац. ун-тет міськ. госп-ва. – заявл. 02.05.18.

4. Kolesnyk, A. I., Nazarenko, L A (2016) The research of thermal characteristics of the LEDs. *Lighting engineering and power engineering*, 46 (2), 27-30.
5. Zinovchuk, A.V., Maluyutenko, O.Yu, Maluyutenko, V.K., Podoltsev, A.D., Vilisov. A.A. (2018) The effect of current crowding on the heat and light pattern in high-power AlGaAs light emitting diodes. *Journal of Applied Physics*, 104, 3, 033115.
6. Карась, В.І. *Світлодіоди: фізика, технологія виготовлення, застосування [Текст]: навчальний посібник* / В.І. Карась, Л.А. Назаренко, І.В. Карась; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва – Х.: ХНАМГ, 2010, - 445 с.
7. Трунова, І. М. *Вдосконалення методик енергетичного аудиту системи освітлення [Текст]* / І. М. Трунова, Л. Ю. Волотка, Т. Л. Наседкіна // *Вісник ХДТУСГ. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України*. – 2012 – Вип.130. – С. 33–35. – *Бібліогр.*: с. 33.
8. Krarti, M., Erickson, P., Hillman, T. (2005) A simplified Method to Estimate Energy Savings of Artificial Lighting Use from Daylighting *Building and Environment*. *Building and Environment*, 40, 747-754.
9. Leslie, P., Pearce, J. M., Harrap, R., Daniel, (2012) The application of smartphone technology to economic and environmental analysis of building energy conservation strategies. *International Journal of Sustainable Energy*, 31 (5), 295-311.
10. C. Cameron Miller, Yuqin Zong, Yoshihiro Ohno (2004) "LED photometric calibrations at the NIST and future measurement needs of LEDs", *Proc. of SPIE Vol. 5530*, p. 69-79, 2004.

References

1. Škoda, J., Baxant, P., Krbal, M., Sumec, S., Pavelka, T. (2013) Photometry of LED sources. *Przegląd Elektrotechniczny*, 6, 341- 344.
2. Kolesnyk, A. I., Usichenko, D. O., Nazarenko, L. A. (2017) Metodyky ta rezul'taty eksperymental'nykh doslidzhen' vidvodu tepla vid svitlodiodnoho prykladu. *Svitlotekhnika ta elektroenerhetyka*, 49 (2), 25-29.
3. Kolesnyk, A. I., Usichenko, D. O., Suvorova, K. I. (2018) Zayavka na korysnu model'. u201804798 Ukrayina. *Svitlodiodnyy svityl'nyk*. Kharkiv. nats. un-tet mis'k. hosp-va. – zayavl. 02.05.18.
4. Kolesnyk, A. I., Nazarenko, L A (2016) The research of thermal characteristics of the LEDs. *Lighting engineering and power engineering*, 46 (2), 27-30.
5. Zinovchuk, A.V., Maluyutenko, O.Yu, Maluyutenko, V.K., Podoltsev, A.D., Vilisov. A.A. (2018) The effect of current crowding on the heat and light pattern in high-power AlGaAs light emitting diodes. *Journal of Applied Physics*, 104, 3, 033115.
6. Karas', V.I., Nazarenko, L. A., Karas', I.V. (2010) *Svitlodiody: fizyka, tekhnolohiya vyhotovlennya, zastosu-*

vannya: navchal'nyy posibnyk; Khark. nats. akad. mis'k. hosp-va – KH.: KHNAMEH, 445.

7. Trunova, I. M., Volotka, L. YU., Nasyedkina, T. L. (2012) Vdoskonalennya metodyky enerhetychnoho audytu systemy osvitlennya. *Visnyk KHDTUS-H. Problemy enerhozabezpechennya ta enerhozberezhennya v APK Ukrainy*, 130, 33–35. – Bibliohr.: s. 33.

8. Krarti, M., Erickson, P., Hillman, T. (2005) A simplified Method to Estimate Energy Savings of Artificial Lighting Use from Daylighting *Building and Environment*, 40, 747-754.

9. Leslie, P., Pearce, J. M., Harrap, R., Daniel, (2012) The application of smartphone technology to economic and environmental analysis of building energy conservation strategies. *International Journal of Sustainable Energy*, 31 (5), 295-311.

10. C. Cameron Miller, Yuqin Zong, Yoshihiro Ohno (2004) "LED photometric calibrations at the NIST and

future measurement needs of LEDs", Proc. of SPIE Vol. 5530, p. 69-79, 2004.

Рецензент: д-р техн. наук, старший науковий співробітник. Є.П. Тимофеев, Національний науковий центр «Інститут метрології», Харків, Україна.

Автор: КОЛЕСНИК Анастасія Ігорівна
аспірант кафедри Світлотехніки і джерел світла
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – Atay1791@gmail.com

Автор: УСІЧЕНКО Дмитро Олександрович
аспірант кафедри Світлотехніки і джерел світла
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – d.o.usichenko@gmail.com

THE RESULTS OF STUDY OF THE LED LAMP WITH BODY-RADIATOR WITHOUT RIBS

Kolesnyk A., Usichenko D.

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

The main purpose of this article is to describe the development of a prototype design of an LED luminaire without edges and to compare the lighting characteristics with a sample of a light device, the case-radiator of which is made with ribs. That is why the cooling system of especially powerful LEDs and LED modules is an important part of any lighting device, on which reliability, color and light characteristics depend.

The problem of optimizing the thermal regime of lighting devices on the basis of LED light sources by improving the design of the housing-radiator is being solved.

The projected development of LED emitters leads to a reduction in the price of LED light sources. This confirms the promising direction of the development of LED light sources and predicts their availability in the wide market in the near future. At the same time, the optimal value of the LED current is maintained at a level close to 700 mA. However, as the current consumed increases, the temperature on the LED also increases, which leads to a decrease in the service life of the LED luminaire.

The use of a structure without ribs allows reducing the radiation area without sacrificing the quality of illumination - the amount of luminous flux. Of course, when designing a luminaire, the size of the radiator should be minimized. This requirement is dictated, first of all, by the goals of cost reduction and simplifying the construction. In many cases, the use of a flat radiator is insufficient, therefore, a more accurate calculation may be required before making a layout.

The analysis of the basic lighting and electrical characteristics of the samples of the lamp.

The results obtained allow us to solve the problem of thermal operation of lighting devices.

Keywords: LED, LED lamp, thermal design, body-radiator, ribs.