

УДК. 628.981; 628.987

О.Ю. Поліщук, С.С. Овчинников, В.М. Поліщук

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, м. Харків

ДОСЛІДЖЕННЯ СПЕКТРАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СВІТЛОДІОДНИХ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА ТА ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ АКТИВНОСТІ

В роботі наведені результати досліджень та розрахунків коефіцієнту активності, що дозволить підвищити якість вимірювання світлотехнічних характеристик існуючих та перспективних світлодіодних джерел світла в системі зовнішнього освітлення вулиць та магістралей міст та представлена лабораторна установка для визначення спектрального складу випромінювання світлодіодного світильника.

Ключові слова: коефіцієнт активності, світлодіодний світильник.

Постановка проблеми

Світло відіграє в житті людини дуже важливу роль. Найбільший відсоток інформації ми отримуємо через зір. Також дуже важливими для людини є взаємодія яскравості та кольору світла для комфорту життя. Задля цього на протязі багатьох років науковцями та інженерами створюються різні типи джерел світла та освітлювальних установок.

Необхідність оперативного та достовірного вимірювання основних світлових та енергетичних параметрів і характеристик джерел світла у видимій області спектру, таких як координати кольоровості, корельована колірна температура, яскравість, коефіцієнт пульсації, освітленість очевидна. Вона продиктована стрімким розвитком альтернативних джерел оптичного випромінювання (світлодіодів), появою різних варіантів дисплеїв і світлових табло, а також технологічними процесами, що використовують джерела оптичного випромінювання. Світлодіодні світильники, як альтернативне джерело світла, здатен не тільки освітити приміщення але й цілий світ. [1-3]

Сучасні світлодіоди (СД), завдяки низькому електроспоживанню, високій світловій віддачі, екологічності, довготривалому терміну служби та малим габаритам, можуть використовуватися практично в усіх типах освітлювальних установках (ОУ) зовнішнього та внутрішнього освітлення. Розробка багатоколірних СД з широким спектром випромінювання, включно УФ-ділянку, суттєво розширює діапазон їх можливого використання в різноманітних сферах ЖКГ міст: ландшафтного, архітектурного, декоративного, світлосигнального, інтер'єрного та місцевого освітлення. Але, окрім розробок освітлювальних установок, дуже важливим є прилади для комплексного вимірювання світлотехнічних характеристик та адаптація їх під сучасні джерела світла. Зараз широко застосовуються інноваційні програми із енергозберігаючого освітлення по всій країні, які

передбачають впровадження новітніх розробок в системі освітлення, що в свою чергу передбачає впровадження програм з метрологічного забезпечення фотометрії, причому фундаментального характеру. [4]

Одним із найбільш розповсюджених фотометричних приладів для контролю рівня освітленості є люксметр. В даній роботі наведено порядок розрахунку коефіцієнта активності при світлодіодному освітленні.

Визначення коефіцієнту активності

Вимірювання світлових параметрів світлотехнічних установок зазвичай проводиться за допомогою традиційних вимірювальних пристроїв, що мають приймачі оптичного випромінювання скориговані під еталонний приймач для даної системи ефективних величин. Спектральний склад випромінювання джерел світла дуже різниться між собою, тому в технічній документації на вимірювальні прилади зазвичай приводиться значення коефіцієнта, який враховує спектральний склад випромінювання того чи іншого джерела світла. Такий коефіцієнт носить назву коефіцієнта активності або відносної активності. Поява нових типів джерел світла на основі світлодіодів потребує визначення таких коефіцієнтів для різних типів світильників, до складу яких входять різні типи світлодіодів. Для визначення коефіцієнта активності необхідно мати значення спектральної щільності випромінювання світлодіодного джерела світла. [5] В даний час така інформація, як і багато іншої дуже необхідної, в документації виробника відсутня.

Відповідно до поставленого завдання, для проведення експериментальних досліджень було створено експериментальну установку, яка дозволила проводити вимірювання спектральної щільності випромінювання світлодіодних світильників в широкій області спектру.

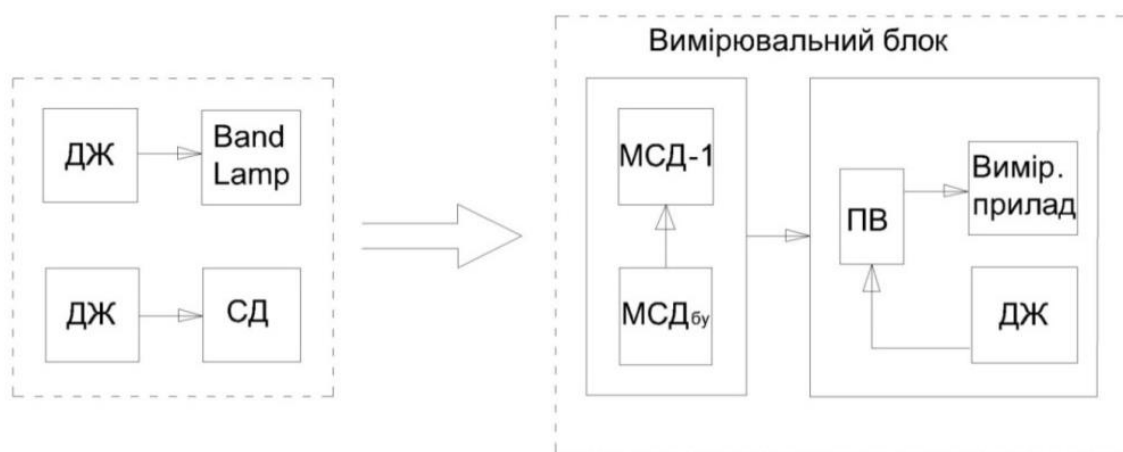


Рис.1. Блок-схема експериментальної установки для визначення спектральної щільності випромінення.

Експериментальна установка, блок-схема якої наведена на рис. 1 для визначення спектральної щільності випромінення включає в себе:

Блок світильника, до якого входить досліджуваний світлодіодний світильник, що розташовувався в кронштейні на оптико-юстувальному столі. Для вільного обертання

досліджуваного джерела світла в горизонтальному та вертикальному положенні, а також для переміщення його в цих площинах застосовувався рейтер, який має спеціальний пристрій пересування. Рейтер закріплювався на оптичному рельсі оптико-юстувальному столу.

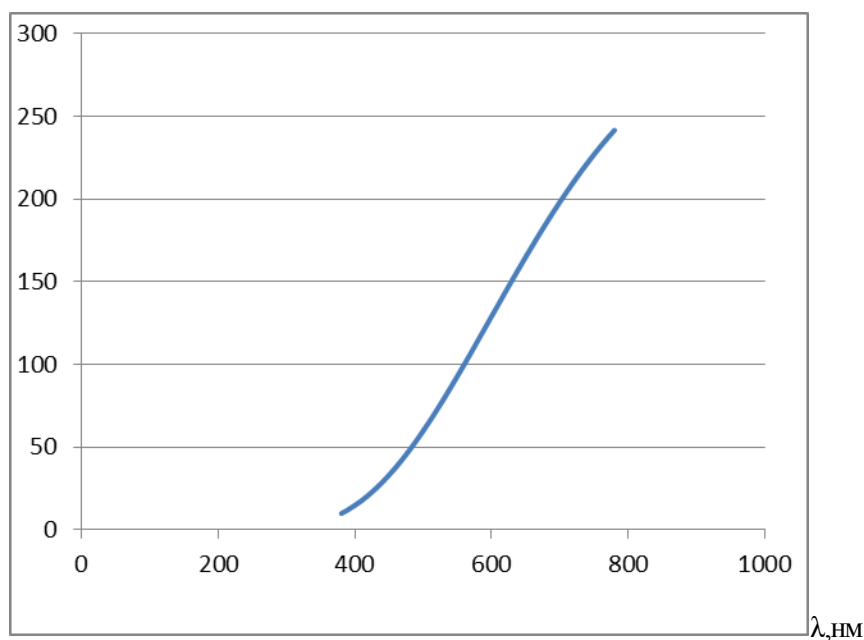


Рис.2. Градувальна крива лампи типу ТРУ 1100-2350 III77.

Блок живлення світильника забезпечує можливість його роботи в заданих умовах.

Вимірювальний блок включає в себе:

- Спектральний прилад, який служить для розкладання випромінення досліджуваного джерела за спектром. В якості спектрального приладу використовувався дифракційний монохроматор МСД-1 з автоматичним блоком керування МСД-1 бу.

- Приймач випромінення, що служить для перетворення енергії оптичної області спектру в електричний сигнал. Приймачем випромінення було обрано ФЕП –62 з джерелом живлення ИП С112.

- Вимірювальний пристрій, який дає значення реакції приймача випромінення. В запропонованій фотометричній схемі для вимірювання застосовувався вольтметр універсальний типу В7-16А.

Для градирування системи вимірювання спектральних та світлових характеристик застосовувалась світловимірювальна лампа типу ТРУ 1100-2350 III77 із стабілізатором напруги СНП-40, змонтована, аналогічно досліджуваному світильнику, на рейтері, що дало змогу розташувати їх на одному рівні. На рисунку 2 наведена градувальна крива лампи типу ТРУ 1100-2350 III77.

Розроблена експериментальна установка дозволяє проводити вимірювання спектральної щільності випромінювання, як композиції світлодіодів, так і виділяти за допомогою світловода випромінювання від одного з декількох світлодіодів, направляючи випромінювання на вхідну щілину монохроматора.

Установка застосовувалася для проведення вимірювання спектральної щільності потоку випромінювання світлодіодів світильника типу SU-24 в межах 200-800 нм. Для цього використовувався монохроматор світлосильний дифракційний МСД-1, який служить для виділення монохроматичного випромінювання в ультрафіолетовій та видимій області спектра.

Технічні характеристики монохроматора:

1. Ефективний відносний отвір 1/3,5
2. Робочий спектральний діапазон від 200 до 800 нм.
3. Напівширина контуру оптичної апаратної функції при ширині щілин 0,2 мм не більш 1,5 нм.
4. Середня зворотня лінійна дисперсія 4,6 нм/мм.
5. Похибка градирування за довжинами хвиль в межах ± 0.5 нм.

Направлення та ресстрація монохроматичного випромінювання складного спектру в діапазоні довжин хвиль від 200 до 800 нм виконувалося оптико-механічним блоком типу ЛАЛ 2.851.002.

Відношенням ефективного потоку до потоку випромінювання оцінюється ефективністю дії випромінювання на зразковий приймач [6,7]. Цю величину, яка дорівнює інтегральній чутливості зразкового приймача, вважають ефективністю випромінювання. В загальному вигляді ефективність складного випромінювання зі спектральним складом $\varphi_e(\lambda)$ визначають наступним рівнянням:

$$K_{0\lambda} = \frac{\int \varphi_e(\lambda) K_0(\lambda) d\lambda}{\int \varphi_e(\lambda) d\lambda} = (K_{0\lambda})_{\max} \frac{\int \varphi_e(\lambda) V_0(\lambda) d\lambda}{\int \varphi_e(\lambda) d\lambda} \quad (1)$$

де: $K_0(\lambda)$ - функція спектральної чутливості зразкового приймача (спектральна чутливість до монохроматичного випромінювання); $(K_{0\lambda})_{\max}$ - значення максимальної спектральної чутливості зразкового приймача;

$V_0(\lambda) = K_0(\lambda)/(K_{0\lambda})_{\max}$ - нормалізована функція відносної спектральної світлової ефективності монохроматичного випромінювання;

Межі інтегрування λ_i - λ_j визначаються межами функцій $\varphi_e(\lambda)$ та $K_0(\lambda)$.

Можлива на практиці суттєва різниця функції чутливості будь-якого приймача даної групи та еталонного може привести до значного розходження їх реакції на одне й теж випромінювання. Усунення цих похибок при розрахунках міри реакції можливо шляхом введення деякого коефіцієнта, який називається актинічністю випромінювання та визначається за формулою:

$$A = \frac{\int_{\lambda_i}^{\lambda_j} \varphi_e(\lambda) V_n(\lambda) d\lambda \int_{\lambda_i}^{\lambda_j} \varphi_e(\lambda) \varepsilon V_0(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda_i}^{\lambda_j} \varphi_e(\lambda) \varepsilon V_n(\lambda) d\lambda \int_{\lambda_i}^{\lambda_j} \varphi_e(\lambda) V_0(\lambda) d\lambda} \quad (2)$$

Оскільки крива спектральної щільності потоку випромінювання має характер суцільного спектру, розрахунок проводимо за методом чисельного інтегрування.

$$A = \frac{\sum_{\lambda_i=1}^{\lambda_j} \varphi_e(\lambda) V_n(\lambda) d\lambda \sum_{\lambda_i=1}^{\lambda_j} \varphi_e(\lambda) \varepsilon V_0(\lambda) d\lambda}{\sum_{\lambda_i=1}^{\lambda_j} \varphi_e(\lambda) \varepsilon V_n(\lambda) d\lambda \sum_{\lambda_i=1}^{\lambda_j} \varphi_e(\lambda) V_0(\lambda) d\lambda} \quad (3)$$

де: $\varphi_e(\lambda)$ - експериментальні значення спектральної щільності потоку випромінювання; λ - довжина хвилі; $V_n(\lambda)$ - відносна спектральна чутливість обраного приймача випромінювання застосованого в люксметрі; $\varphi_e(\lambda)_{\varepsilon}$ - значення спектральної щільності потоку випромінювання стандартного джерела світла типу А.[8]

Отримана експериментальна крива розподілу відносної спектральної щільності потоку випромінювання дозволила провести розрахунок відносної актинічності, яка враховує спектральний склад випромінювання світлодіодів, що входять до складу світильника. [9] Це дозволяє підвищити точність вимірювання.

За допомогою розробленої установки, блок-схема якої наведена на рис була отримана крива відносної спектральної щільності потоку випромінювання світлодіодів світильника SU-24.

Розрахунок відносного коефіцієнта актинічності проводився за допомогою програми Excel [10].

Після підрахунків значення коефіцієнта для люксметра DEREDE-3350 складає 1,0055, а для люксметра типу «ТКА-ЛЮКС» ООО «НТП «ТКА», в якому в якості приймача випромінювання використовується кремнієвий фотодіод без коригуючого фільтра, розрахункова актинічність складає 0,45.

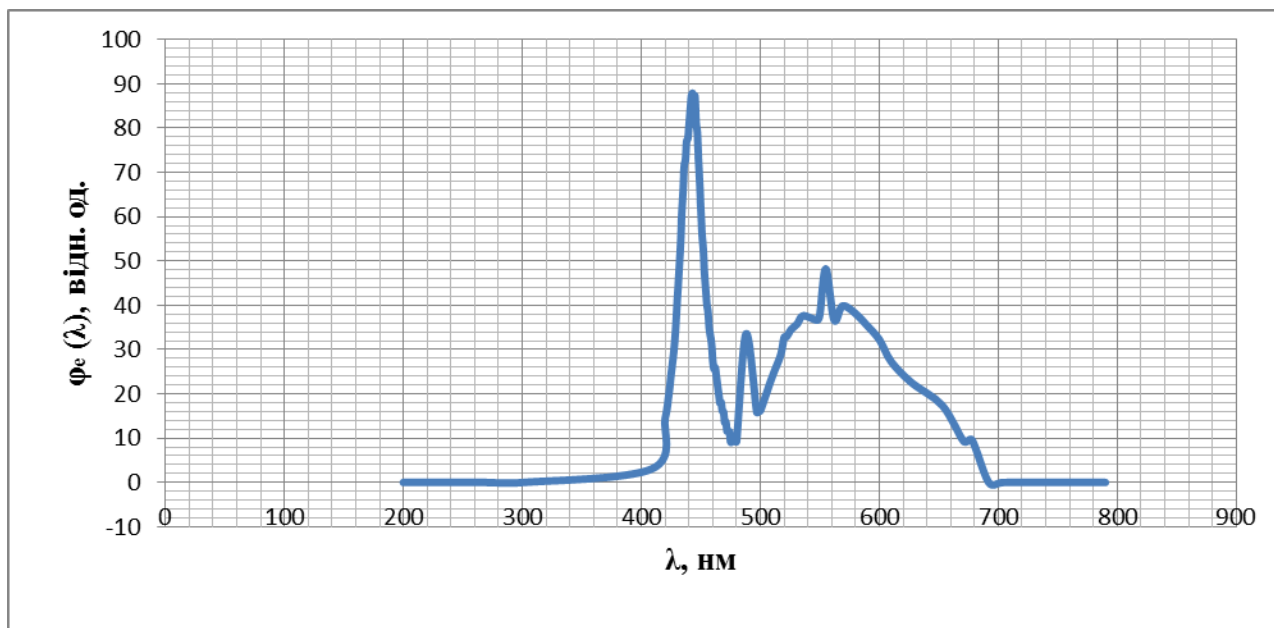


Рис. 3. Крива розподілу відносної спектральної щільності потоку випромінювання світлодіодного світильника типу SU-24.

Висновки

Розроблена методика дає можливість:

- Знизити похибку при використанні стандартних приладів для світлових вимірів.
- Використовувати різні приймачі без коригуючих фільтрів, що особливо важливо при необхідності одночасних вимірів в безлічі точок світлового поля.

Література

1. Ван Боммель В. Зрительные, биологические и эмоциональные аспекты освещения/ В.ВанБоммель// Светотехника.- 2005/-№4/- С.4-6.
2. Лишик Н.И. Проблемы применения светодиодов в осветительных и светосигнальных установках/ Н.И. Лишик//Светотехника.-2008.-№4.- С.22 -26.
3. Айзенберг Ю.Б. Энергоэффективноеосвещение. Проблемы и решения / Ю.Б. Айзенберг, О.В. Малахова// Информационныйбюллетень "Энергосвет". - 2010.- №6 (11).
4. Немет-Видовски А. Дорожное освещение и фотометрия в условиях сумеречного зрения/ А. Немет-Видовски, Я. Шанда// Светотехника.- 2012.- №6.- С. 44-48.
5. Столяревская Р. И. Люксометры и яркометры / Р. И. Столяревская // Светотехника. – 2003. – №2. – С. 42 – 46.
6. Гуревич М. М. Фотометрия (теория, приборы и методы) / М. М. Гуревич. – Л. : Энергоатомиздат, 1983. – 272 с.
7. Айзенберг Ю.Б.Справочная книга по светотехнике. 3-е изд., перераб и доп. - М.: Знак, 2006. - 972 с.
8. Мешков В. В. Основысветотехники Ч. 1. : учебноепособие для вузов / В. В. Мешков. – 2-е изд., перераб. – М. : Энергия, 1979. – 368 с.
9. Світлодіодне зовнішнє освітлення. Впровадження та дослідження : матеріали V- міждун. научн.-техн. конф. [«Современные тенденции развития светотехники»],

(Харків, 15-16 травня 2013 р.) / Міністерство освіти і науки України, Харківський національний університет міського господарства імені О.М.Бекетова. – Х. : ХНУМГ, 2013. – 133 с.

10. Поліщук О.Ю. Досвід впровадження енергоефективних світлодіодних джерел світла на вулицях міста //Світлотехніка та електроенергетика. – 2012. - №3(31) . - С. 56-61.

References

1. Van Bommel' V., Zritel'n'nye biologicheskie i jemocional'nye aspekty osveshhenija, Svetotehnika, 2005, No.4, pp.4-6.
2. Lishik N.I. Problemv primeneniia svetodiodov v osvetitel'nyh i svetosignal'nyh ustanovkah, Svetotehnika, 2008, No. 4, pp.22-26.
3. Aizenberg Ju.B., Malahova O.V., Jenergoeffektivnoe osveshhenie. Problemy i reshenija (Informacionnybjulleten Jenergosvet). 2010. No. 6 (11).
4. Nemet-Vidovski A., Shanda Ja., Dorozhnoe osveshhenie i fotometrija v uslovijah sumerechnogo zrenija, Svetotehnika, 2012, No.6, pp.44-48.
5. Stoliarevskaja R. I., Ljuksmetry i jarkomer, Svetotehnika, 2003. No2. pp. 42– 46.
6. Gurevich M. M., Fotometrija (teorija, pribory i metody), L.Jenergoatomizdat, 1983, 272 p.
7. Aizenberg Ju.B., Spravochnaja kniga po svetotehnike (3-e izd. pererab i dop.), M. Znak, 2006, 972 p.
8. Meshkov V. V., Osnovv svetotehniki (Ch. I. uchebnoeposobie dlja vuzo), M. Jenergiia, 1979, 368 p.
9. Svitlodiodne zovnishne osvillennia. Vprovadzhenia ta doslidzhennia (materiali V mezhdun. nauchn.-tehn. konf. Sovremennye tendencii razvitija svetotehniki, Harkiv, 15-16 travnia 2013.). Ministerstvo osviti i nauki Ukraïni. Harkivs'kij nacional'nij universitet mis'kogo gospodarstva imeni O.M.Beketova, H.HNUMG, 2013. 133 p.
10. Polishhuk O.Ju., Dosvid vprovadzhenia energoefektivnih svitlodiodnih dzherel svitla na vulicijah mista, Svitlotehnika ta elektroenergetika, 2012, No.3(31), pp. 56-61.

Автор: ПОЛІЩУК Оксана Юрїївна
Харківський національний університет міського господарства імені О.М.Бекетова, Харків, кандидат технічних наук, доцент.

Автор: ПОЛІЩУК Валентина Миколаївна
Харківський національний університет міського господарства імені О.М.Бекетова, Харків, кандидат технічних наук, доцент.

Автор: ОВЧИННИКОВ Станіслав Степанович
Харківський національний університет міського господарства імені О.М.Бекетова, Харків, доктор технічних наук, професор.

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА АКТИВНОСТИ

О.Ю. Полищук, С.С. Овчинников, В.Н. Полищук

В работе представлены результаты исследований и расчет коэффициента активности, что позволяет повысить качество измерения светотехнических характеристик существующих и перспективных светодиодных источников света в системе наружного освещения улиц и магистралей города. Также приведена лабораторная установка для определения спектрального состава излучения светодиодного светильника.

Ключевые слова: коэффициент активности, светодиодный светильник

THE DETERMINATION OF THE SPECTRAL CHARACTERISTICS OF LED SOURCES OF LIGHT AND THE DEFINITION OF THE ACTINIC COEFFICIENT

O. Polishchuk, S. Ovchinnikov, V. Polishchuk

New light-emitting-diode sources of light (LED) require relievable measurement of lighting and energy characteristics of light sources in visible spectrum. Today LED lamps are able not only to illuminate premise but the whole world. Development of multicolor LEDs with a broad emission spectrum, including UV area, significantly extends range of their possible use in different housing and utility sectors. Photometrical parameters of landscape, architectural, decorative, luminous-signal and interior lighting sets are usually measured by means of conventional gauges, optical detectors of which are adjusted to settings of reference detector, peculiar for given effective value system. Illumination spectrum structure of different lighting sources differs. Therefore the value of so called actinic coefficient, including spectrum structure of light sources, is used technical documents of gauges. Development and implementation of new LED sources provides for determination of such coefficients for different types of lamps, comprising LEDs that have different spectral structure. For today such information is absent or requires verification. This work shows experiment device for measurement of spectrum density of LED source and procedure for calculation of actinic coefficient under LED-based lighting. Proposed methods reduces measurement error upon testing of standard light measuring devices and use different light emission receivers without corrective filters, which is the most critical, if it is necessary to ensure simultaneous measurement in multiple points of light field.

Keywords: actinic coefficient, led light sources