

Відповідний рівень освітлення зводить до мінімуму нещасні випадки та травми, покращуючи видимість потенційних небезпек, механізмів і доріжок. Це включає в себе належне освітлення доріжок, робочих зон машин і зон огляду.

2. Підвищення продуктивності та комфорту.

Добре розроблені системи освітлення можуть значно підвищити продуктивність і комфорт працівників за рахунок зменшення напруги та втоми очей. ANSI/IES RP-7-21 рекомендує конкретні рівні освітлення на основі типу завдання, яке виконується в кожній робочій зоні.

3. Сприяти енергоефективності.

Важливим та необхідним є питання енергозбереження на промислових об'єктах. Енергоефективне світлодіодне освітлення забезпечує значну економію енергії порівняно з традиційними варіантами освітлення. Це означає зниження експлуатаційних витрат і негативний вплив на навколишнє середовище.

4. Звести до мінімуму технічне обслуговування.

Частий вихід ламп із ладу спричиняє їх часту заміну, що веде до додаткових витрат. Тому варто встановлювати системи освітлення з тривалим терміном служби та мінімальними вимогами до обслуговування.

Список використаних джерел

1. Суворова К. І. Промислове освітлення : конспект лекцій для магістрів денної форми навчання спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка освітньо-професійної програми «Світлотехніка і джерела світла» / К. І. Суворова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 82 с.
2. Recommended Practice: Lighting Industrial Facilities. ANSI/IES RP-7-21. 106 p.
3. Природне і штучне освітлення : ДБН В.2.5-28-2018 : Мінрегіон України : [Затв. 03.10.18 : чинний з 1.03.2019.] – Київ : ДП Укрархбудінформ, 2018. – 133 с.

УДК 621.382.3:535.243+628.9

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СВІТЛОДІОДНИХ СВІТИЛЬНИКІВ СПРЯМОВАНОГО ТА НЕСПРЯМОВАНОГО СВІТЛА

Шпак Світлана Василівна

кандидат технічних наук, ДП «Полтавастандартметрологія»

Басова Юлія Олександрівна

кандидат технічних наук, доцент,

Полтавський державний аграрний університет,

Кива Богдан Олегович

інженер 1 категорії, ДП «Полтавастандартметрологія»

Кислиця Світлана Григорівна,

кандидат технічних наук, доцент

Кислиця Дмитро Вадимович

здобувач третього (наукового) рівня вищої освіти

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

E-mail: basovay5@gmail.com

Спрямованість світла є характеристикою джерела стосовно розподілу його світлового потоку в просторі. В Регламенті ЄС [1] джерела світла (лампи і світильники) розподілені на джерела спрямованого і неспрямованого світла. До джерел спрямованого світла (DLS)

належать лампи і світильники, що випромінюють щонайменше 80 % загального світлового потоку в межах тілесного кута π стерадіан (відповідає куту з конусом 120°). Всі інші джерела відносяться до джерел неспрямованого світла (NDLS). Вимоги до джерел спрямованого і неспрямованого світла згідно з [1] відрізняються між собою. Зокрема, під корисним світловим потоком Φ_{use} для світильників спрямованого світла вважається 80 % світлового потоку від загального світлового потоку, а для світильників неспрямованого світла – весь світловий потік, що випромінюється в тілесному куті 4π стерадіан (360°). Встановлюються також різні граничні значення максимальної потужності та мінімальної світлової віддачі (для даного корисного світлового потоку). Крім того, відповідно з [2] відрізняються оцінки світлової ефективності світильників.

Перед розробниками світильників постає завдання підвищити їх світлову ефективність, не створюючи при цьому в полі зору спостерігача високих рівнів яскравості що викликають засліплюючу та дискомфортну блискавість.

В даній роботі проведені дослідження енергоефективності комерційних зразків світлодіодних світильників спрямованого і неспрямованого світла різного призначення. Вимірювання проводили в акредитованому науково-дослідному центрі випробування електричних ламп та технологічного обладнання ДП «Полтавастандартметрологія» згідно з вимогами Регламентів Комісії (ЄС) [1, 2] та національних стандартів [3 – 5] з використанням випробувального обладнання та засобів вимірювальної техніки: гоніофотометра GO-2000B (з комплектом еталонних джерел світла та вимірювальними приладами), спектрометра UPRTEK MK350S, спектрального колориметра випромінювання СРК-200С.

В табл. 1 зведені результати вимірювання параметрів світильників спрямованого та неспрямованого світла згідно з вимогами [1] та клас енергоефективності згідно з новою рейтинговою шкалою Регламенту ЄС [2].

На рис. 1 наведені приклади просторового розподілу світлового потоку за класифікацією LCSGPAH (Luminaire classification system – LCS) [6] та КСС світлодіодних світильників спрямованого та неспрямованого світла для зовнішнього освітлення, освітлення приміщень промислових будівель, громадських будівель, офісів тощо.

Таблиця 1 – Результати вимірювання параметрів світильників спрямованого та неспрямованого світла

Порядковий номер світильника	Потужність $P_{\text{оп}}$, Вт	Світловий потік загальний Φ , лм	Світловий потік в 120°, %	Тип КСС	Корисний світловий потік, (лм)	Індекс кольоропередачі R_a , відн. од.	Максимально допустима потужність, $P_{\text{оп max}}$, Вт	Мінімальна світлова віддача, лм/Вт	Загальна ефективність мережі η_{TM} , лм/Вт	Клас енергоефективності
Спрямовані джерела світла										
1	198	29978	92,9	глибока	27850	80,4	338	82	165	C
2	164,7	23176	94,2	глибока	21830	80,1	265	82	156	D
3	197,4	28237	83,7	глибока	23634	73,1	274	86	141	D
4	197,3	29058	93,4	глибока	27140	73,0	118	84	156	C
5	50,1	45,10	82,0	глибока	3700	80,2	47	79	87	F
Неспрямовані джерела світла										
6	197,4	28960	69,7	напівширока	28960	70,8	248	117	147	D
7	59,2	10052	76,2	широка	10052	72,2	87	116	170	C
8	102,2	16531	76,1	широка	16531	72,4	167	99	162	C
9	106,8	14420	70,0	напівширока	14420	72,8	126	114	135	D
10	39,3	3968	78,0	косинусна	3968	86,9	39	102	101	F

У досліджуваних зразках світильників спрямованого (№ 1 – № 4) та неспрямованого світла (№ 6 – № 9) використовувались світлодіоди середньої і великої потужності з лінзовою та відбивальною оптикою. Світильники № 1 – № 4 призначені для освітлення виробничих приміщень з високими стелями, № 6 – № 9 – для зовнішнього освітлення.

У світильниках № 5, № 10 використані малопотужні світлодіоди і опалові або з призматичним малюнком (призматичні) світлорозсіювачі. Однією з основних вимог до таких світильників є забезпечення рівномірного розподілу яскравості випромінюючої поверхні (середні значення в межах до 5000 кд/м²). Ці світильники призначені для освітлення приміщень громадських споруд, освітніх та медичних закладів, офісів та ін.

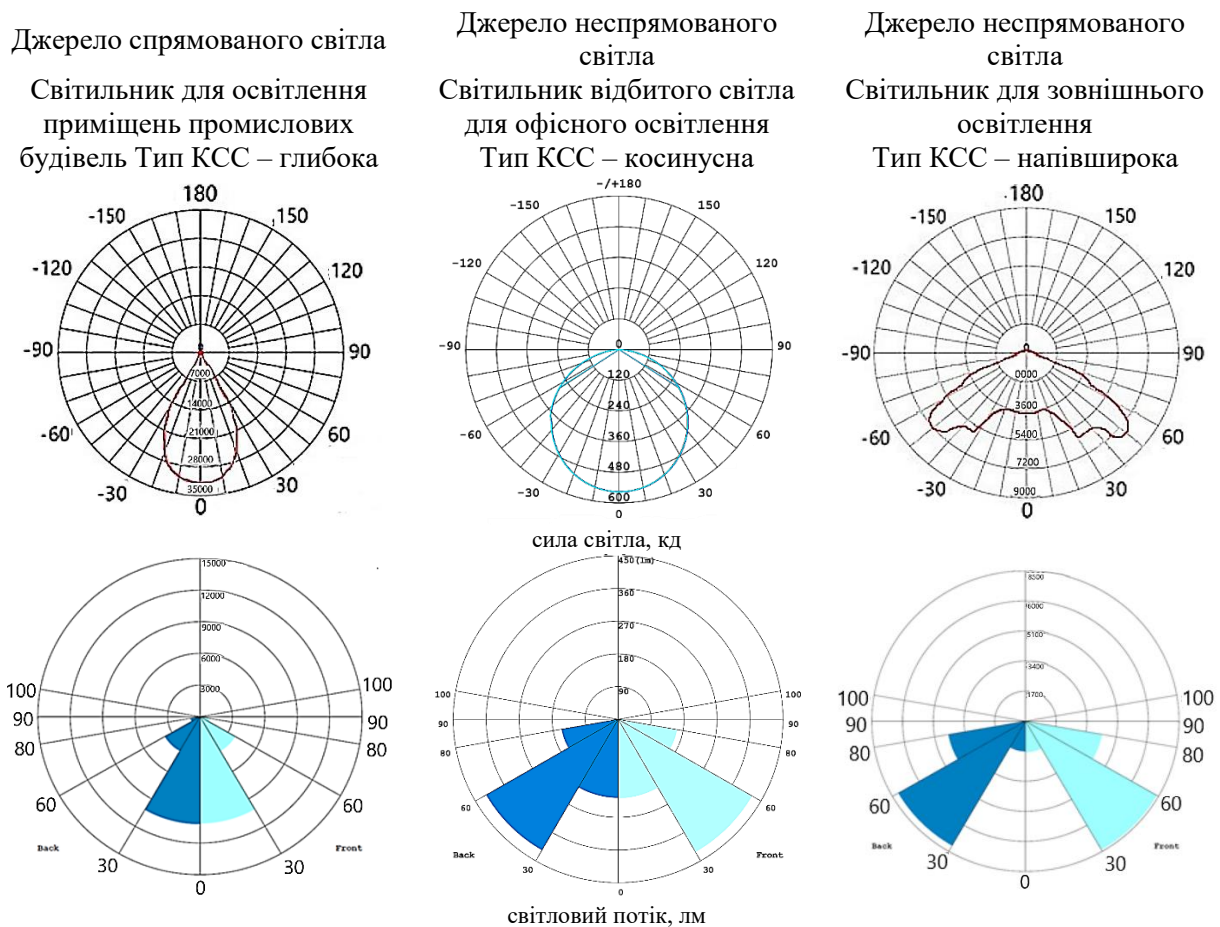


Рисунок 1 – КСС та просторовий розподіл світлового потоку світлодіодних світильників різного призначення

Порівнюючи енергетичну ефективність світлодіодних світильників спрямованого та неспрямованого світла можна зробити висновок, що вона залежить, в основному, від світлової віддачі світлодіодів і втрат світла в оптиці та світлорозсіювачах.

Світлодіоди великої і середньої потужності мають світлову віддачу в 1,3–1,5 вищу, ніж малопотужні, а втрати світлового потоку при використанні світлорозсіювачів різних видів становлять 15–45 %. При однакових корисних світлових потоках світильники неспрямованого і спрямованого світла, в яких використані потужні світлодіоди мають приблизно однакову ефективність ($\eta_{\text{тм}}$ в межах 135–170 лм/Вт) і відповідають класам енергоефективності D і C. Стельові світильники з розміром випромінюючої поверхні 595×595 мм, в яких для обмеження середньої яскравості до 5000 кд/м², використовуються малопотужні CMD світлодіоди і різні види розсіювачів світла мають світлову енергоефективність $\eta_{\text{тм}}$ до 100 – 110 лм/Вт (клас енергоефективності F).

Висновки

1. В роботі проведені дослідження світлодіодних світильників неспрямованого та спрямованого світла на відповідність вимогам Регламенту Комісії ЄС 2019/2020 з екодизайну джерел світла та визначені класи їх енергоефективності у відповідності з новою рейтинговою шкалою Регламенту Комісії ЄС 2019/2015 стосовно енергетичного маркування джерел світла.

2. Показано, що світлодіодні світильники неспрямованого та спрямованого світла з використанням світлодіодів середньої і великої потужності мають енергетичну ефективність $\eta_{\text{тм}}$ 135–170 лм/Вт, і відповідають класам енергоефективності D і C. Світильники з використанням малопотужних світлодіодів при світловому навантаженні на одиницю площі світлорозсіювача 0,8–2 лм/см² мають світлову ефективність $\eta_{\text{тм}}$ до 100–110 лм/Вт та відповідають класу енергоефективності F.

3. Відзначається, що значна частина світильників з високою енергоефективністю мають загальний індекс кольоропередачі (CRI) нижчий 80 одиниць.

4. Стельові світлодіодні світильники відбитого світла та світильники, що мають опалові розсіювачі з питомим світловим потоком на одиницю площі розсіювача до 2 лм/см² мають косинусну КСС відносяться до джерел неспрямованого світла. Світильники з призматичними розсіюючими елементами створюють спрямоване розсіювання світла, мають КСС наближену до глибокої і відносяться до джерел спрямованого світла.

Список використаних джерел

1. Commission Regulation (EU) 2019/2020 of 1 October 2019 laying down ecodesign requirements for light sources and separate control gears pursuant to Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council and repealing Commission Regulation (EC) No 244/2009, (EC) No 245/2009 and (EU) No 1194/2012 (Text with EEA relevance).
2. Commission Delegated Regulation (EU) 2019/2015 of 11 March 2019 supplementing Regulation (EU) 2017/1369 of the European Parliament and of Council with regard to energy labelling of light sources and repealing Commission Delegated Regulation (EU) No 874/2012 (Text with EEA relevance)
3. ДСТУ CIE 013.3:2017 Метод вимірювання та визначення кольоропередавання джерел світла (CIE 013.3-1995, IDT)
4. ДСТУ EN 12464-1:2016 Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. Частина 1. Внутрішні робочі місця (EN 12464-1:2011, IDT).
5. ДСТУ EN 12464-2:2016 Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. Частина 2. Зовнішні робочі місця (EN 12464-2:2014, IDT).
6. IES Road Report LCS Graph. https://docs.agi32.com/PhotometricToolbox/Content/Road_Report_Tool/IES_Road_Report_LCS_Graph.htm

УДК 681.586:628.91:656.13.07

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНЕ ОСВІТЛЕННЯ ЯК СКЛАДОВА ЦИФРОВІЗАЦІЇ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ

Єсаулов Сергій Михайлович,
кандидат технічних наук, доцент

Бабічева Ольга Федорівна,
кандидат технічних наук, доцент

Білоус Богдан Юрійович
студент

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова
E-mail: olga.babicheva@kname.edu.ua

Питання енергоефективності у сфері міського електротранспорту набуває дедалі більшої актуальності в контексті сталого розвитку міст. Одним із перспективних напрямів підвищення енергоефективності є впровадження інтелектуальних систем освітлення, які забезпечують адаптивне регулювання рівня освітленості залежно від реальних потреб руху