

ОСОБЛИВІ ВИМОГИ ДО СВІТЛОДІОДНИХ СВІТИЛЬНИКІВ

Г. М. КОЖУШКО, доктор технічних наук, професор;

Л. В. ДУГНІСТ

(Вищий навчальний заклад Укоопспілки
«Полтавський університет економіки і торгівлі»)

Анотація. У статті проаналізовано відмінності щодо встановлення технічних вимог до світлодіодних світильників. До нерозбірних конструкцій світлодіодних світильників, крім традиційних вимог, додатково нормують світлову віддачу, початкові та збережені в процесі строку служби світловий потік, координати колірності, загальний індекс кольоропередачі. Ресурсні характеристики та надійність оцінюють за результатами спаду світлового потоку, кількістю циклів «вмикання – вимикання» та циклічними температурними випробуваннями. Вимоги до обмеження блискавості та значення захисних кутів світлодіодних світильників відрізняються від вимог для світильників із розрядними лампами та лампами розжарювання. Світлодіодні світильники мають бути класифіковані за групами ризику фотобіологічної безпеки та за класом енергоефективності. Метою дослідження є аналіз характеристик світильників із СВД і методів оцінки їх відповідності, а також розроблення пропозицій щодо встановлення вимог до світильників у проекті ДСТУ «Світильники загального використання зі світлодіодними джерелами світла. Вимоги до технічних характеристик». Предмет дослідження – світильники зі світлодіодними джерелами світла. Застосовані стандартні методи дослідження світлових і колірних параметрів світлодіодної продукції. На основі проведених досліджень сформульовані вимоги до характеристик СВД світильників і методів їх вимірювання і внесені в проект стандарту. Проведений аналіз особливостей, які відрізняють світлодіодні світильники від світильників з іншими джерелами світла.

Ключові слова: світлодіод, світильник, світловіддача, кольоропередача, енергоефективність, безпека.

Постановка проблеми в загальному вигляді. Освітлення – це велике і швидкозростаюче джерело споживання електроенергії (ЕЕ). В глобальному енергоспоживанні на штучне освітлення витрачається близько 20 % усієї виробленої ЕЕ, тому у програмі ЄС проти зміни клімату підкреслена важливість економії ЕЕ на освітлення. Одним із ефективних способів зниження споживання ЕЕ на освітлення є використання світлодіодних світильників [1–3]. Головні аргументи на користь світлодіодних світильників – висока світлова віддача, надійність і довговічність. Використання світильників зі світловипромінювальними діодами (СВД) замість світильників із розрядними лампами у значній мірі може розв'язати і таку важливу пробле-

му, як утворення і накопичення небезпечних відходів розрядних ламп, що вміщують ртуть. Світильники з розрядними лампами на сьогодні поки що є основою промислового, вуличного та офісного освітлення. Важливу роль у розвитку світлодіодної техніки в Україні може відіграти розроблення та впровадження національних стандартів, у яких установлюватимуть вимоги до характеристик і методів їх вимірювання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В Україні на світильники для загального освітлення чинні вимоги згідно з ДСТУ ІЕС 60598-1:2014 «Світильники. Частина 1. Загальні вимоги та випробування» [4] та міждержавного стандарту ГОСТ 17677-82 «Светильники. Общие технические условия»

[5], але в них не враховані всі особливості застосування світловипромінювальних діодів (СВД). Тому актуальним завданням є розроблення стандартів на світлодіодні світильники, в яких будуть встановлені вимоги до характеристик, які відповідатимуть сучасному технічному рівню. За останні роки в

Україні розроблені на основі міжнародних національних стандартів на світлодіодні джерела світла, пристрої для їх живлення та світильники, а також на методи вимірювання та випробування цих виробів. Перелік цих стандартів наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Перелік розроблених ДСТУ на світлодіодні вироби

№ з/п	Назва стандарту	Стан готовності
1	ДСТУ ІЕС 62560:2012 Лампи світлодіодні загального освітлення на напругу живлення понад 50 В, поєднані з допоміжними пристроями. Вимоги безпеки	Чинний
2	ДСТУ ІЕС 62612:2012 Лампи світлодіодні загального освітлення. Вимоги до характеристик	Чинний
3	ДСТУ ІЕС/ТС 62504:2012 Загальне освітлення. Світловипромінювальні діоди та модулі світловипромінювальних діодів. Словник термінів	Чинний
4	ДСТУ ІЕС 62384:2012 Електронні пристрої живлення модулів СВД від джерел постійної або змінної напруги. Вимоги до характеристик	Чинний
5	ДСТУ-П ІЕС/PAS 62717:2014 Модулі світлодіодні загального освітлення. Вимоги до характеристик	Чинний
6	ДСТУ-П 7732:2015 Діоди світловипромінювальні. Вимірювання параметрів (СІЕ 127:2007)	Чинний
7	ДСТУ-П ІЕС/PAS 62707-1:2014 Діоди світловипромінюючі. Сортування за значеннями параметрів. Частина 1. Загальні вимоги та координатна сітка білих кольорів	Чинний
8	ДСТУ-П ІЕС/PAS 62722-1:2014 Характеристики світильників функціональні. Частина 1. Загальні вимоги	Чинний
9	ДСТУ-П ІЕС/PAS 62722-2-1:2014 Характеристики світильників функціональні. Частина 2–1. Особливі вимоги до світильників зі світловипромінюючими діодами	Чинний
10	ДСТУ-П ІЕС/TR 62471-2:2014 Безпечність ламп і лампових систем фотобіологічна. Частина 2. Наставови щодо вимог до конструкцій стосовно безпечності нелазерних оптичних випромінень	Чинний
11	ДСТУ ІЕС 61347-2-13:2014 Допоміжні пристрої для ламп. Частина 2–13. Особливі вимоги до електронних пристроїв живлення модулів СВД від джерел постійної або змінної напруги	Чинний
12	ДСТУ-П ІЕС/PAS 62663-1:2015 Лампи світлодіодні, непоєднані з допоміжними пристроями. Частина 1. Вимоги безпеки	Чинний
13	ДСТУ-П ІЕС/PAS 62663-2:2014 Лампи світлодіодні, непоєднані з допоміжними пристроями. Частина 2. Вимоги до характеристик	Чинний
14	ДСТУ ІЕС TR 62778:2015 Застосування положень ІЕС 62471 до джерел світла та світильників стосовно оцінювань небезпечності синього світла	Затверджений. Не набрав чинності
15	ДСТУ ІЕС/TR 61341:2015 Лампи рефлекторні. Методика вимірювання осьової сили світла та кутів світлового пучка	Затверджений. Не набрав чинності

Наступним етапом стандартизації є розроблення стандарту «Світильники загально-

го використання зі світлодіодними джерелами світла. Вимоги до технічних характе-

ристик», у якому будуть встановлені вимоги до світлової віддачі світильників для всього діапазону колірних температур, стабільності світлового потоку та колірних параметрів у процесі строку служби, вимоги до обмеження яскравості в полі зору спостерігача, значень величини захисних кутів, вимоги до випробувань та інші вимоги, які не передбачені державним стандартом ГОСТ 17677-89 [5], але вже встановлені Міжнародними стандартами та стандартами провідних виробників СВД світильників.

Формування цілей статті. Аналіз особливих вимог до характеристик світильників із СВД і методів оцінки їх відповідності згідно зі стандартами Міжнародної електротехнічної комісії (МЕК), рекомендаціями Міжнародної Комісії з освітлення (МКО) та стандартами провідних країн-виробників світлодіодної продукції, а також розроблення пропозицій щодо встановлення вимог до світильників у проєкті ДСТУ «Світильники загального використання зі світлодіодними джерелами світла. Вимоги до технічних характеристик».

Виклад основного матеріалу дослідження. Застосування СВД для освітлення суттєво змінило підходи встановлення вимог до характеристик світильників із цими джерелами світла в порівнянні з вимогами до світильників із лампами розжарювання (ЛР) і розрядними лампами (РЛ). Це пояс-

нюється відмінністю конструкцій СВД від традиційних джерел світла та особливостями їх ресурсних, світлотехнічних, колірних та інших характеристик.

Світлодіодні світильники за вимогами до характеристик та оцінки їх відповідності згідно з [6] поділено на такі класи:

- Клас А – світильники з використанням модулів СВД, які відповідають вимогам [7].
- Клас В – світильники з використанням модулів СВД, для яких потрібно підтвердити відповідність вимогам [7].
- Клас С – світильники, в яких використовують світлодіодні лампи. На ці світильники встановлено вимоги в [8].

Для світильників, у яких використовують світлодіодні лампи, принципово нових вимог, на відміну від світильників і інших джерел світла (ЛР, РЛ), немає. Стосовно світильників зі світлодіодними джерелами світла, які поєднані зі світильниками (нерозбірними конструкціями), крім традиційних вимог, додатково висуваються вимоги, які, зазвичай, властиві лампам – світлова віддача, колірні характеристики, стабільність світлового потоку та колірних характеристик у процесі строку служби.

Початкове значення номінальної світлової віддачі світильника (η) для різних корельованих колірних температур (ККТ) пропонується встановити не менше ніж надано в табл. 2 [9], бо це відповідає сучасному світовому рівню.

Таблиця 2

Мінімальні значення світлової віддачі світильників

Номінальні значення ККТ, К	Діапазони значень ККТ, К	Мінімальні значення світлової віддачі, η , лм·Вт ⁻¹
2700	2500–2800	70
3000	2850–3250	
3500	3250–3750	
4000	3750–4250	80
4500	4250–4750	
5000	4750–5350	
5700	5350–6000	90
6500	6000–7000	

Таблиця 3

Значення ККТ і координат колірності x, y

Значення ККТ, К		Координати колірності x, y , які відповідають нормованим значенням ККТ	
номінальні	нормовані разом із допусками	x, y	
1	2	3	
2700	2725 ± 145	0,4578	0,4101
3000	3045 ± 175	0,4338	0,4030
3500	3465 ± 245	0,4073	0,3917
4000	3985 ± 275	0,3818	0,3797
4500	4503 ± 243	0,3611	0,3658
5000	5028 ± 283	0,3447	0,3553
5700	5665 ± 355	0,3287	0,3417
6500	6530 ± 510	0,3123	0,3282

Початкові значення координат колірності світильників x, y мають бути в межах полів допусків (чотирикутників), які зображають на колірній діаграмі (x, y) CIE¹ 1931 р., з координатами центрів і вершин кутів (табл. 3).

Якість кольоропередачі світильників залежно від призначень, регламентують установленням мінімальних значень загальних індексів кольоропередачі, (R_a). Для світильників офісного й побутового освітлення R_a має бути не менше ніж 80 [10].

Параметри, які нормують для світлодіодних світильників із поєднаними СВД-джерелами світла, які потрібно оцінювати шляхом вимірювань і випробувань, встановлені у джерелі [6]: потужність, світловий потік, розподіл сили світла та максимальна сила світла, кут розходження пучка, світло-віддача, початкові координати колірності та координати колірності після 6000 год, початкова корельована колірна температура, початковий індекс кольоропередачі та індекс кольоропередачі після 6000 год, код збереження світлового потоку, параметри надійності (вимоги до циклічних температурних випробувань, режимів умикання – вимикання джерела живлення та форсованого функціонування), значення температури модуля t_a .

¹ CIE (fr) – Commission internationale de leclairage (МКО – міжнародна комісія з освітлення).

Оскільки строк служби світлодіодних світильників із приєднаними СВД модулями сягає кількох десятків тисяч годин, то оцінювати цей параметр традиційним методом, наприклад, як час функціонування до відмови 50 % світильників, не доцільно. У міжнародних стандартах МЕК запропоновано оцінювати строк служби таких світильників за величиною збереженого (залишкового) світлового потоку за певний час функціонування. Строк служби СВД світильників – це час, протягом якого рівень світлового потоку залишається більшим, ніж заявлений виробником. Якщо у світильниках застосовані СВД модулі, відповідність параметрів яких не підтверджені вимогами [7], то тривалість випробування становить 25 % номінального строку служби (за максимального значення часу випробування 6000 год). Для світильників із СВД модулями, світлові параметри та параметри надійності яких підтверджені результатами тривалішого випробування, проводять протягом проміжку часу, що становить 10 % номінального строку служби (за максимального значення цього проміжку 2000 год). Для підтвердження відповідності строку служби результати вимірювання збережених світлових потоків після 6000 год потрібно екстраполювати до заявленого значення строку служби.

У ході випробувань на надійність передбачені циклічні температурні випробування, випробування на вмикання – вимикання та форсоване функціонування. Циклічні випробування проводять у камері, в якій температура змінюється від $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ зі швидкістю $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ за 1 хв протягом чотиригодинного періоду. Випробування тривають 250 таких циклів (1000 год). Світильники (модулі СВД) вмикаються та вимикаються кожні 17 хв. Випробування на вмикання – вимикання проводять таку кількість разів, що дорівнює чотирикратному задекларованому номінальному строку служби (в годинах). Наприклад, якщо виробник задекларував строк служби 30 тис. год, то світильники мають витримати не менше ніж 120 тис. вмикань. Світильники (модулі СВД) почергово вмикаються та вимикаються на 30 с.

Форсовані випробування проводять із дотриманням номінальної напруги за температури на $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ більше, ніж максимально рекомендоване значення $t_{p,\text{макс}}$ протягом 25 % номінального строку служби.

Особливістю оцінювання відповідності світлодіодних світильників є також те, що в ході використання в світильниках модулів СВД, параметри яких підтверджені відпо-

відно до вимог [7], на світлові та колірні параметри, а також випробування на надійність можуть бути використані результати випробувань модулів СВД.

СВД відрізняються високою яскравістю при малій випромінювальній площі. Це особливо характерно для потужних світлодіодів із високою світловою віддачею. Яскраві світлодіодні джерела світла є блискавичними джерелами світла, які створюють зоровий дискомфорт і засліплення, тому для зменшення блискавості у світильниках застосовують захисні кути (екрани) і світлорозсіювальні матеріали, якими перекривають пряму видимість випромінювальної поверхні СВД у полі зору спостерігача. Вимоги до обмеження блискавості у СВД світильників відрізняються від вимог до інших джерел світла, це є однією з особливостей цих світильників.

Значення захисного кута з обмеження яскравості, зони обмеження яскравості в нижній півсфері та габаритної яскравості для підвісних, стельових і вбудованих світлодіодних світильників загального освітлення приміщень громадських будівель за рекомендаціями [10] повинні відповідати вказаним у табл. 4.

Таблиця 4

Світлотехнічні вимоги до світильників загального освітлення приміщень громадських будівель

Захисний (умовний захисний) кут у поперечній і повздовжній площинах, не менше	Зона обмеження яскравості, градуси	Габаритна яскравість ($\text{кд}/\text{м}^2$) не більше, для класу світлорозподілу		
		П	Н	Р,В
30	60–90	3500	4500	5000

Значення захисного (умовного захисного) кута, зони обмеження яскравості в нижній півсфері та габаритної яскравості настінних і підлогових світлодіодних світильників загального освітлення житлових приміщень повинні відповідати вказаним у табл. 5 і 6.

У технічних умовах на світильники конкретних типів або груп для загального

освітлення виробничих, громадських і житлових будівель залежно від їх призначення повинні бути вказані (крім вимог згідно з ДСТУ-П ІЕС/PAS 62722-2:2014 [6] такі світлотехнічні параметри:

- клас світлорозподілу;
- тип кривої сили світла (крім світильників для житлових приміщень);
- захисні кути (світильників для вироб-

ничих, громадських і житлових будівель);

- зона обмеження яскравості та габарит-

на яскравість у цій зоні (світильників для громадських будівель).

Таблиця 5

Світлотехнічні вимоги до настінних і підлогових світильників загального освітлення житлових приміщень

Вид світильника	Відстань від світлового центру до підлоги, м	Захисний (умовний захисний) кут у поперечній і поздовжній площинах, не менше, градуси		Зона обмеження яскравості
		у нижній напівсфері	у верхній напівсфері	
Настінний	До 1,8 включ.	30	30*	60*–120*
	Більше 1,8		–	60*–90*
Підлоговий	До 1,0 включ.	10*	40*	80*–130*
	Від 1,0 до 1,3 включ.	20*	30*	70*–120*
	Від 3 до 1,6 включ.	30*	20*	60*–110*
	Від 1,6		10*	60*–90*

Примітка. *Вказують в експлуатаційних документах згідно з ДСТУ ГОСТ 2.601 на світильники для житлових приміщень; у стандартах і технічних умовах на світильники для громадських будівель конкретних типів або груп.

Таблиця 6

Максимальне значення габаритної яскравості світильників загального освітлення житлових приміщень

Клас світлорозподілу	Габаритна яскравість (кд/м ²), не більше
П	3500
Н	3000
Р	2500

Відомо, що оптичне випромінення здатне викликати ряд біологічних реакцій у тканинах живих організмів, у тому числі і негативних, які визначаються процесами перетворення енергії на молекулярному рівні.

Щодо фотобіологічної безпеки ламп і систем освітлення, то до появи яскравих СВД у центрі уваги були обмеження щодо УФ-випромінення. З появою «білих» надяскравих світлодіодів, які використовують для освітлення, виникло питання стосовно їх безпеки для сітківки ока і про небезпеку «синього світла».

Стандартизовані методи оцінки і класифікації ризиків синього й інфрачервоного ви-

промінювання були розроблені МКО і спільно з МЕК, які наведені в стандарті МКО S009, а потім прийняті МЕК у стандарті IEC 62471 «Безпечність ламп і лампових систем фотобіологічна».

В Україні на основі стандарту МЕК набрав чинності ДСТУ IEC 62471:2009 [11].

У розвиток стандарту IEC 62471 МЕК були розроблені стандарти IEC/TR 62471-2:2009 Безпека ламп і лампових систем фотобіологічна. Частина 2. Настанови щодо вимог до конструкцій щодо безпечності не лазерних оптичних випромінень і IEC TR 62778:2014 «Застосування положень IEC 62471 до джерел світла та світильників щодо оцінювань небезпечності синього світла». На основі цих стандартів в Україні розроблені ідентичні стандарти [12–13].

У джерелі [11] встановлені граничні значення експозицій (ГЗЕ) опромінення, які в ході користування лампами та ламповими систематиками (світильниками) не повинні бути перевищеними.

ГЗЕ – умови, за яких вважається, що майже кожна людина може неодноразово піддаватися опроміненню без незворотних наслідків для здоров'я.

Для захисту проти фотохімічного пошкодження сітківки в разі тривалої експозиції синього світла сумарна спектральна енергетична яскравість джерела світла, оцінена за функцією небезпечності синього світла $V(\lambda)$, тобто енергетична яскравість синього світла (L_c) не повинна перебільшувати рівнів, визначених формулами (1) і (2):

$$L_c \cdot t = \sum_{300}^{700} \sum_t L_\lambda(\lambda, t) \cdot V(\lambda) \cdot \Delta t \cdot \Delta \lambda \leq 10^6 \quad (1)$$

$$\text{Дж} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{ср}^{-1} \text{ (для } t \leq 10^4 \text{ с);}$$

$$L_c = \sum_{300}^{700} L_\lambda \cdot V(\lambda) \cdot \Delta \lambda \leq 100 \quad (2)$$

$$\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{ср}^{-1} \text{ (для } t > 10^4 \text{ с),}$$

де $L_c(\lambda, t)$ – спектральна енергетична яскравість у $\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{ср}^{-1} \cdot \text{нм}^{-1}$;

$V(\lambda)$ – спектральна інтенсивність функції небезпеки синього світла.

Для джерела світла, яке обмежується кутом, меншим, ніж 0,011 рад, граничні значення не має перебільшувати рівнів, які визначають за формулами (3), (4), (5):

$$E_c \cdot t = \sum_{300}^{700} \sum_t E_\lambda(\lambda, t) \cdot V(\lambda) \cdot \Delta t \cdot \Delta \lambda \leq 100 \quad (3)$$

$$\text{Дж} \cdot \text{м}^{-2} \text{ (для } t \leq 100 \text{ с);}$$

$$E_c = \sum_{300}^{700} E_\lambda \cdot V(\lambda) \cdot \Delta \lambda \leq 1 \quad (4)$$

$$\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2} \text{ (для } t > 100 \text{ с),}$$

де $E_c(\lambda, t)$ – спектральна опроміненість у $\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{нм}^{-1}$;

$V(\lambda)$ – спектральна інтенсивність функції небезпеки синього світла;

$\Delta \lambda$ – інтервал довжин хвиль у нанометрах;

t – тривалість експозиції в секундах.

$$t_{\text{макс}} = \frac{10^6}{E_c} \quad (\text{для } t \leq 100 \text{ с}), \quad (5)$$

де $t_{\text{макс}}$ – максимально допустима тривалість експозиції в секундах;

E_c – оцінена небезпечна опроміненість синього світла.

У класифікації безпечності оптичних випромінювань [11] встановлено чотири основних групи ризиків. Для ламп загального призначення (ЛЗП) безперервного горіння та світильників із такими лампами значення параметрів безпеки надають у вигляді як опроміненості, так і енергетичної яскравості на відстанях, де утворюється освітленість 500 лк, але не менше ніж 200 мм.

Загальна група ГР0.

Лампа (світильник) не несе ніякої фотобіологічної небезпеки. Ця вимога задовольняється будь-якою лампою «синього світла», що безпечна для сітківки ока протягом 10000 с (понад 2,8 год).

Група 1 (малий ризик) ГР1.

Лампа (світильник) безпечна завдяки функціональним обмеженням експозицій. Ця вимога задовольняється будь-якою лампою (світильником), параметри якої перебільшують границі загальної групи (ГР0), але лампа «синього світла» не завдає шкоди сітківці ока протягом 100 с.

Група 2 (середній ризик) ГР2.

Лампа не завдає небезпеки через засліплюваність світлом високої інтенсивності. Ця вимога задовольняється будь-якою лампою (світильником), параметри якої перебільшують границі групи ГР1, але лампа «синього світла» не завдає шкоди сітківці ока протягом 0,25 с (засліплюваність).

Група 3 (високий ризик).

Лампа (світильник) може бути небезпечною навіть у разі миттєвих і коротких експозицій. Лампи, які перебільшують границі групи 2 (середній ризик), належать до групи 3 (високий ризик).

Принципи застосування положень стандарту ДСТУ ІЕС 62471 виробниками світ-

лодіодних ламп і лампових систем сформульовано в [12]. Систему класифікації за групами ризику згідно з ДСТУ ІЕС 62471 первісно застосовують до ламп. У класифікації лампових систем (світильників) використовують класифікацію для ламп, але результати вимірювання лампи не можна просто переносити на лампові системи. Щоб визначити групи ризику, потрібно проаналізувати оптичну адитивність: якщо джерело світла використовують із додатковою оптикою, світильник потрібно розглядати як інший виріб, і її виробник має передбачити нове визначення групи ризику.

З огляду на те, що групи ризику ламп і світильників залежать від умов використання, їх класифікації за групами ризику ґрунтуються на найнесприятливіших випадках припущень тривалості експозицій, розміру зіниці та відстані спостереження. Проте ви-

проміння ламп зазвичай розсіюється, і ризик, пов'язаний зі спостереженням з прийнятої відстані, може неадекватно відобразитися класифікацією, тобто реальний ризик є меншим.

Коефіцієнт небезпечної експозиції K_H , може бути представлено графічно залежно від значень відстані: зі зростанням відстані від лампи або від світильника відповідний рівень небезпеки зменшується (рис. 1). На відстані X_1 коефіцієнт $K_H = 1$, тобто K_H дорівнює застосовуваному граничному значенню експозиції $H_{\text{макс}}$. Відстань X_1 є безпечною відстанню r_H . На відстані X_2 значення показника небезпечності оптичного випромінювання в A разів перебільшує граничне значення експозиції $H_{\text{макс}}$. На цій відстані експозицію оптичного випромінювання може бути зменшено за рахунок ослаблення випромінювання, або обмеженням в A разів тривалості експозиції.

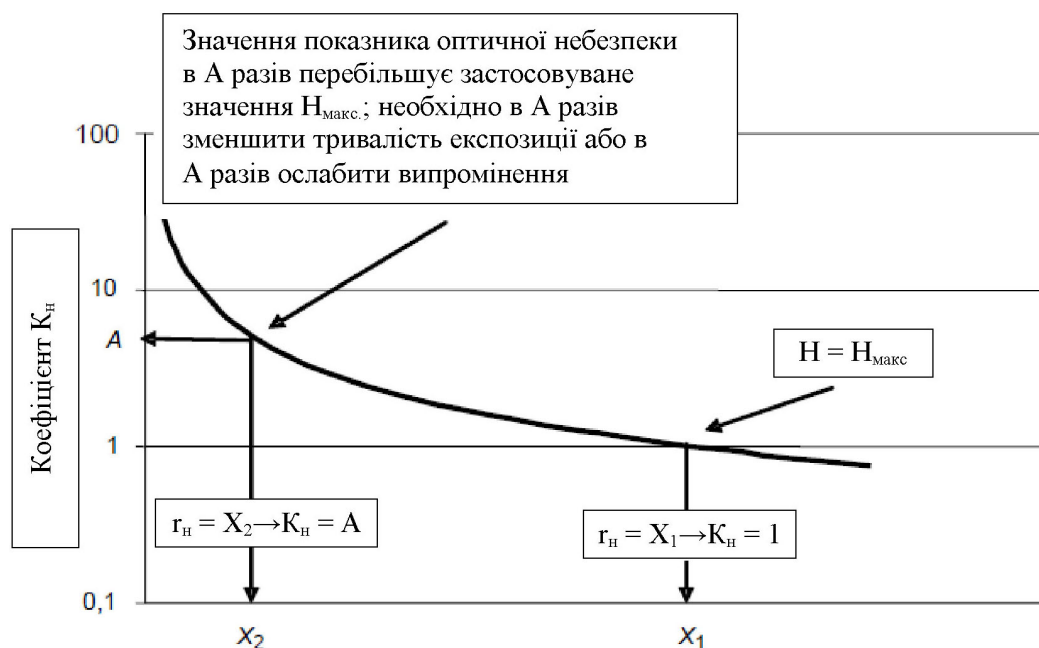


Рис. 1. Приклад графічного представлення залежності коефіцієнта небезпечної експозиції (K_H) від відстані до джерела світла

Експозиція має зменшуватися шляхом регулювання небажаних складових випромінювання джерела за допомогою спектральних фільтрів або розсіювачів.

Рекомендації щодо послідовного застосування положень ІЕС 62471 для оцінювання небезпечності «синього світла» освітлю-

вальних приладів із СВД надані у джерелі [13].

Якщо істинне значення яскравості джерела світла є меншим, ніж $10\,000$ $\text{кд}\cdot\text{м}^{-2}$ (що стосується тільки джерел «білого світла»), воно класифікується як таке, що належить до групи ризику ГР0.

Крім того, джерело світла та будь-який світильник із таким джерелом вважається виробом груп ризику ГР0 або ГР1, якщо яскравість, значення якої наведені в табл. 7 і рис. 2 та освітленість в табл. 7, 8 та рис. 3, вважаються верхніми граничними значеннями.

Якщо джерело світла або світильник мають яскравість або освітленість меншу, ніж надані значення, вимірювання не проводять. Дже-

рело світла та світильники з яскравістю або освітленістю, більшими, ніж указані в табл. 7 і 8, можуть ще належати до групи ризику ГР1, але щоб довести це, потрібні додаткові вимірювання.

Значення яскравості, що відповідають групам ризику, не вище, ніж ГР1.

Якщо яскравість джерел світла відповідає наведеним у табл. 7 значенням, джерела класифікують за групою не вище, ніж ГР1.

Таблиця 7

Значення яскравості, що відповідає групам ризику не вище, ніж ГР1*

Діапазони номінальних значень ККТ, К	Значення яскравості L_v , Мкд·м ⁻²
до 2350 включно	40,0
понад 2350 до 2850 включно	18,5
понад 2850 до 3250 включно	14,5
понад 3250 до 3750 включно	11,0
понад 3700 до 4500 включно	8,5
понад 4500 до 5750 включно	6,5
понад 5750 до 8000 включно	5,0

Примітка. *Як основи оцінювань можна використовувати номінальні значення ККТ та яскравостей, встановлювані виробниками.

1 – Яскравість $L_c = 10000 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{ср}^{-1}$

2 – Рекомендована границя вимірювань

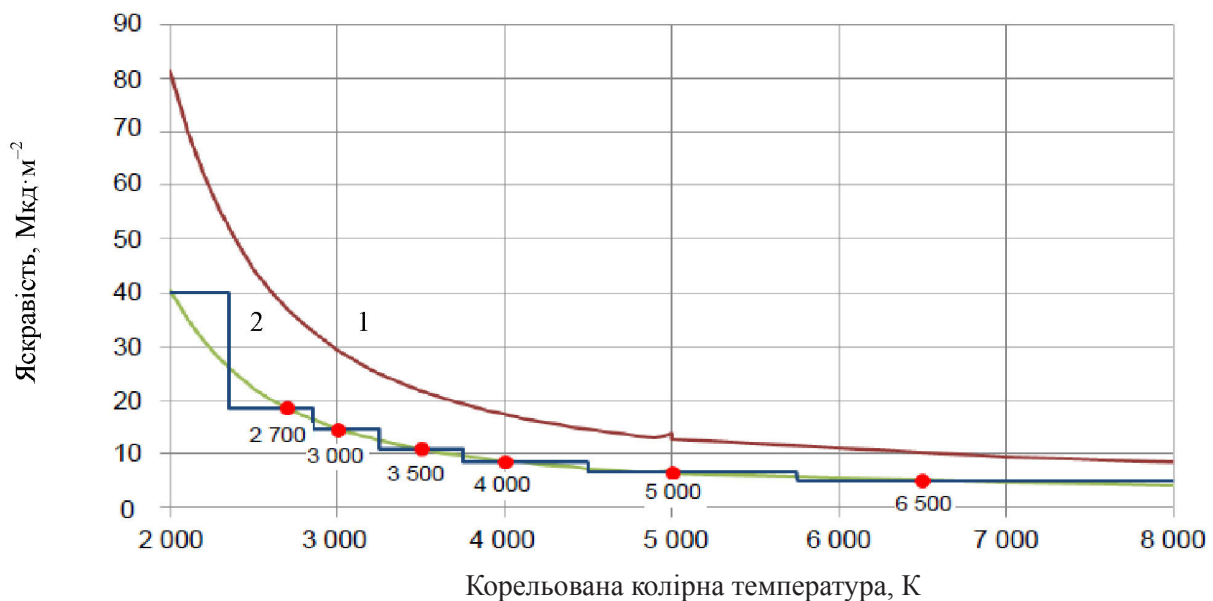


Рис. 2. Значення яскравості на межі між групами ризику ГР1/ГР2 як функції корельованої колірної температури

Значення освітленостей, що відповідають групам ризику не вище, ніж ГР1.

Якщо значення освітленості, утворюваних світильниками в напрямках максимальних

сил світла, відповідають наведеним в табл. 8, їх класифікують за групою ризику не вище, ніж ГР1.

Таблиця 8

Значення освітленості, що відповідає групам ризику, не вище, ніж ГР1

Діпазони номінальних значень ККТ, К	Значення освітленості E_v , лк
понад 2350	4000
понад 2350 до 2850 включно	1850
менше 2850 до 3250 включно	1450
понад 3250 до 3750 включно	1100
понад 3700 до 4500 включно	850
понад 4500 до 5750 включно	650
понад 5750 до 8000 включно	500

1 – Освітленість за умов $E_c = 1 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$

2 – Рекомендована границя вимірювань

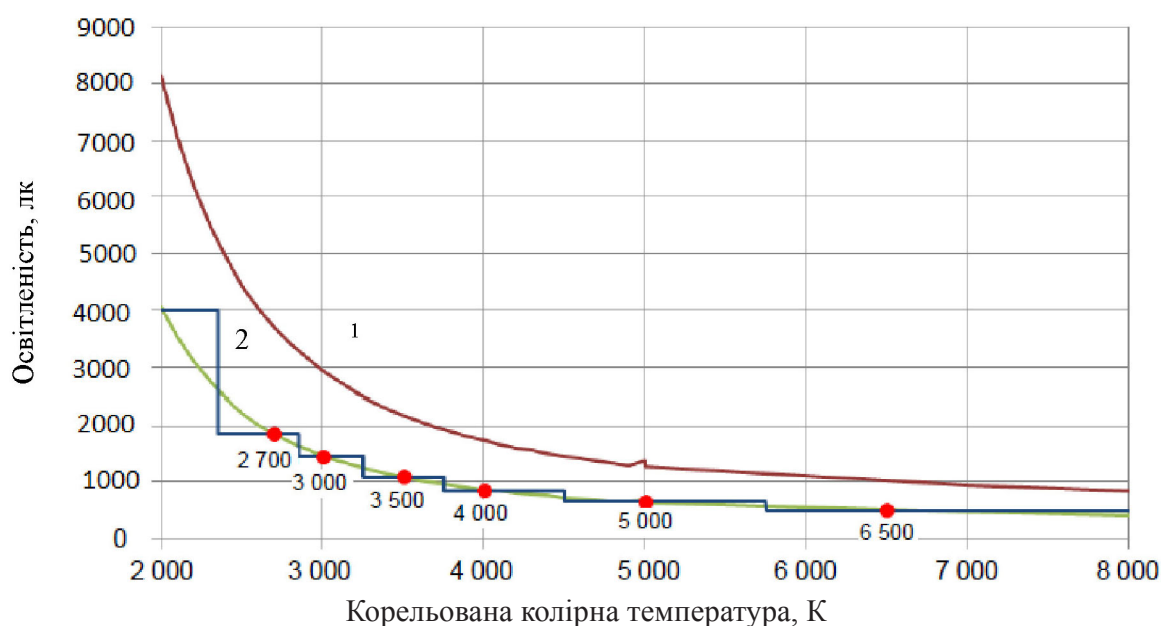


Рис. 3. Значення освітленості на межі між групами ризику ГР1/ГР2 як функції корельованої колірної температури

Класифікації джерел світла, що мають розміри, які більші, ніж 2,2 мм, та світильників, у яких використовують такі джерела світла.

Для ситуацій щодо джерел світла, які мають діаметри понад 2,2 мм, має застосовуватися таке:

а) Вимірювання енергетичної яскравості згідно з ІЕС 62471 проводять на відстані 200 мм з кутом поля зору 0,011 рад.

б) Якщо $L_c < 100 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{ср}^{-1}$, джерело світла класифікують за групою ризику ГР0.

в) Якщо $100 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{ср}^{-1} < L_c < 10000$

$\text{Вт}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{ср}^{-1}$, джерело світла класифікують за групою ризику ГР1.

г) Якщо $L_c > 10000 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{ср}^{-1}$, треба обчислювати максимальне значення енергетичної освітленості ($E_{\text{пор}}$) на межі груп ризику ГР1/ГР2 ($E_c = 1 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$).

д) Виробник джерела світла має надавати інформацію стосовно відповідної класифікації виробів за групами ризику ГР0, ГР1 або зазначенням $E_{\text{пор}}$.

е) Для світильників, у яких використовуються «великі» джерела світла, що класифікуються за групою ризику ГР0 або ГР1, така класифікація передається безпосередньо до світильників, незважаючи на будь-які оптичні системи, які можуть використовуватися в світильниках.

є) Щодо світильників, у яких використовують «великі» джерела світла, що класифікують за значеннями $E_{\text{пор}}$ (умови на межі груп ризику ГР1/ГР2), треба робити застереження та надавати значення відстаней, із яких ризик небезпечності синього світла зменшується до групи ГР1.

Класифікація джерел світла, розміри яких менше 2,2 мм.

Ситуації стосовно класифікацій джерел світла з розмірами, меншими ніж 2,2 мм, і світильників, у яких використовують такі джерела світла для встановлення рівнів ГР0, ГР1 або значення $E_{\text{пор}}$ джерела світла треба проводити вимірювання енергетичної яскравості.

Якщо вимірювання енергетичної яскравості первинного джерела світла дають значення L_c , яке відповідає групі ризику ГР0 – діапазон значень (0–100) $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{ср}^{-1}$, або групі ризику ГР1 – діапазон (100–10 000) $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{ср}^{-1}$, цю інформацію треба зазначити стосовно всіх виробів, які базуються на цьому первинному джерелі світла. Ці вироби ніколи не будуть такими, що відповідають групі ГР2, незважаючи на вид оптики і на відстань спостереження під час використання.

Якщо вимірювання енергетичної яскравості первинного джерела світла дають значення L_c , яке відповідає групі ризику ГР2 – діапазон значення (10 000–4 000 000) $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{ср}^{-1}$, існує ймовірність, що кінцевий

виріб буде також відповідати групі ГР2 в залежності від ситуації під час використання. Буде лише одна ситуація, що відповідає групі ризику ГР2, коли значення опроміненості на місці спостереження перебільшує порогове значення $E_{\text{пор}}$, яке можна обчислити з використанням нижнього граничного значення E_c (1 $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-2}$) та значення $K_{c,v}$.

Пасивні оптичні компоненти, такі як лінзи та відбивачі, не можуть змінювати значення $E_{\text{пор}}$. Якщо енергетична яскравість первинного джерела перебільшує 10 000 $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{ср}^{-1}$, $E_{\text{пор}}$ може передаватися ланцюжком для визначення істинної класифікації під час використання.

У цьому контексті слід зазначити, що всі компоненти, що суттєво змінюють колір (такі як діхроїчні дзеркала або люмінофори), не можна вважати пасивними компонентами. Якщо змінюється спектр, то змінюється й значення $K_{c,v}$, а тому $E_{\text{пор}}$ набуває іншого значення.

Отже, вимірювання енергетичної яскравості первинних джерел світла можуть давати такі результати:

а) ГР0 без обмежень: первинне джерело світла наближається до максимуму ГР0 у всіх світильниках на всіх відстанях;

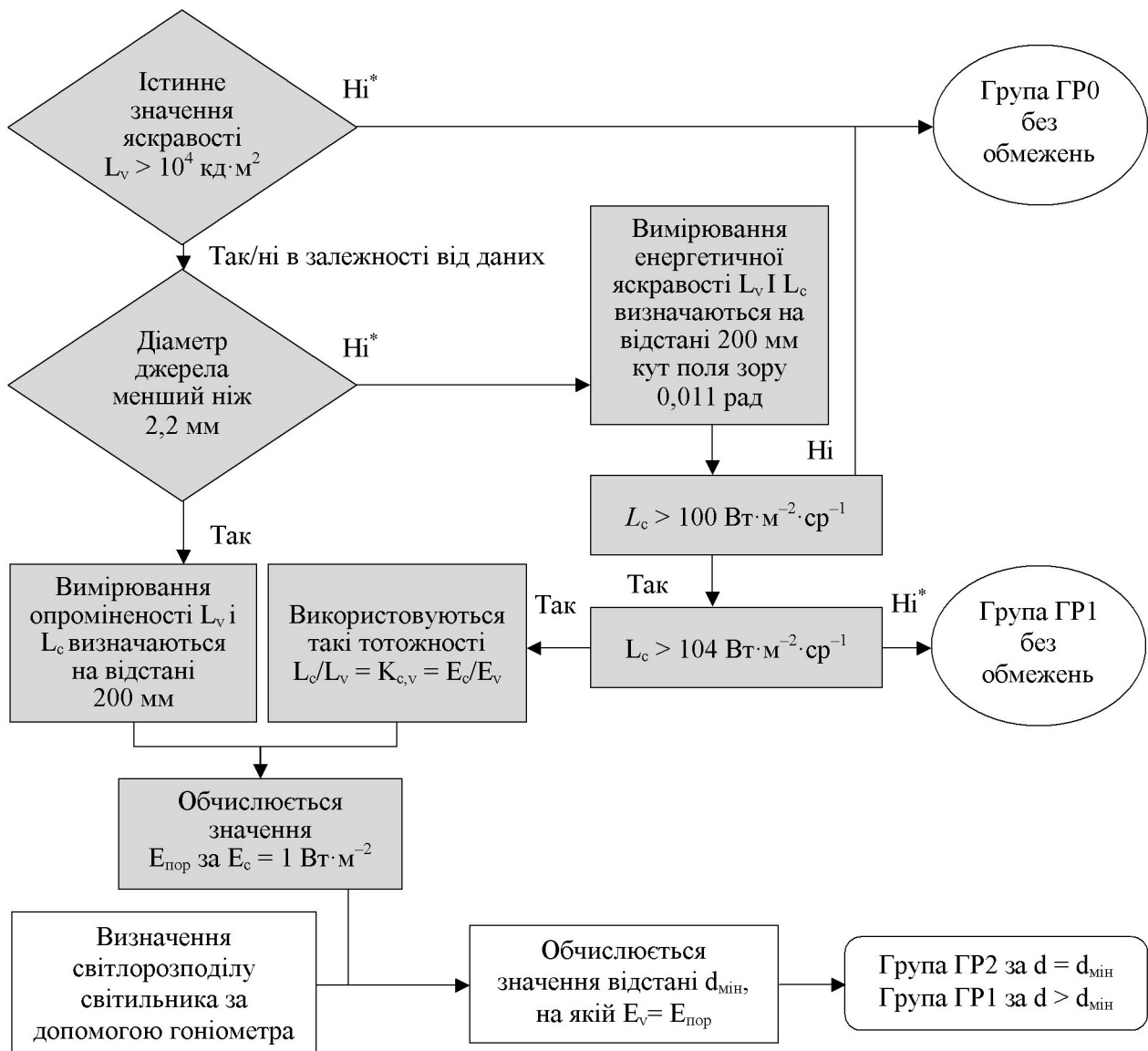
б) ГР1 без обмежень: первинне джерело світла наближається до максимуму ГР1 у всіх світильниках на всіх відстанях;

в) значення $E_{\text{пор}}$ відносять до ГР2: первинне джерело наближається до ГР2 на відстанях, де світильником, у якому міститься це джерело світла, утворюються освітленість зі значеннями, більшими ніж $E_{\text{пор}}$. Первинне джерело належить до ГР1 на відстанях, де світильником, у якому міститься джерело світла, утворюються освітленості зі значеннями, що менші від $E_{\text{пор}}$. До того ж ця група ризику залежить від умов використання. Значення освітленості, залежно від відстані, можуть бути більшими або меншими, ніж значення $E_{\text{пор}}$. Ця відстань залежить від оптики світильника, а тому інформація не може передаватися від первинного джерела світла до світильника. Значення цієї відстані може обчислюватися, якщо відомі світло-розподіл і максимальна сила світла.

Для практичного впровадження зазначеного вище треба встановлювати умови вимірювань енергетичної яскравості первинних джерел світла. Цими умовами має бути відстань вимірювання та кут поля зору, за яких усереднюють значення енергетичної яскравості. Згідно з порядком, установленим у ІЕС 62471, прийнятними відправними точками є значення відстані 200 мм і кута поля

зору 0,011 рад. За цих умов енергетична яскравість має істинне значення, якщо кут поля зору охоплює простір випромінювання джерела світла.

Якщо кут поля зору 0,011 рад не охоплює джерело світла навіть з відстані 200 мм, то вимірювання не дають істинного значення енергетичної яскравості. В таких випадках є можливими два шляхи:



Примітка. *Результати щодо групи ризику ГР0, які спричиняються за умов $L_v \leq 10^4$ кд·м⁻², є чинними тільки стосовно джерел «білого» світла.

Рис. 4. Схема, яка показує перенесення інформації від первинних джерел світла (темні фігури) до світильників, що базуються на таких джерелах світла (світлі фігури)

а) кут поля зору під час вимірювань може бути зменшено настільки, щоб він охоплював джерело світла. В такому випадку знаходять значення енергетичної яскравості L_C ;

б) проводять вимірювання опроміненості й визначають $E_{пор}$. Оскільки не проводять вимірювання енергетичної яскравості, приймається, що випадок є найнесприятливішим, і можна оцінювати $E_{пор}$ стосовно групи ризику ГР2.

На рис. 4 [13] показано схему, яка підсумовує результати потрібних вимірювань, та зазначено інформацію, яка необхідна для здійснення класифікації світильників за групами ризику фотобіологічної безпечності.

У стандартах на світильники слід вказувати значення відстані або опроміненості, за якими слід оцінювати групу ризику. Це не стосується груп ризику ГР0 і ГР1 без обмежень щодо первинних джерел усіх видів, але є необхідним у випадках первинних джерел світла зі значенням $E_{пор}$ стосовно групи ризику ГР2.

Класифікація світильників за енергетичною ефективністю.

Після набуття чинності технічного регламенту енергетичного маркування електричних ламп і світильників [14] постачальники світильників, призначених для продажу, мають розробляти технічну документацію в обсязі, достатньому для проведення оцін-

ки достовірності інформації, зазначеної на енергетичній етикетці відповідно до [14]. Енергетична етикетка для світлодіодних світильників оформляється за типовими зразками, наведеними у цьому регламенті для різних можливих комбінацій:

- світильник, який містить лише світлодіодні модулі, які не може замінити кінцевий споживач;
- світильник, який містить як невідокремлювані світлодіодні модулі, так і патрони, призначені для заміни модулів кінцевим споживачем (продають у комплекті зі світильниками);

• світильники, які мають невідокремлювані світлодіодні модулі та патрони для ламп, які може замінити кінцевий споживач. При цьому лампи не входять у комплект поставки.

Клас енергоефективності визначають на основі індексу енергоефективності (IEE) відповідно до табл. 9. Для розрахунку індексу енергоефективності виробу значення його потужності ($P_{факт.}$) скореговане на втрати в пристроях живлення ($P_{кор.}$) порівнюється з базовим значенням потужності виробу ($P_{баз.}$). $P_{кор.}$ дорівнює фактичному значенню потужності ($P_{факт.}$) для світильників із невідокремлюваними модулями і $1,1 P_{факт.}$ – для світлодіодних світильників з відокремлюваними модулями або лампами з не поєднаними пристроями живлення.

Таблиця 9

Класи та індекси енергоефективності світильників

Клас енергоефективності	Індекс енергоефективності (IEE) для ламп неспрямованого випромінення	Індекс енергоефективності (IEE) для ламп спрямованого випромінення
A++ (найбільш ефективний)	$IEE \leq 0,11$	$IEE \leq 0,13$
A+	$0,11 < IEE \leq 0,17$	$0,13 < IEE \leq 0,18$
A	$0,17 < IEE \leq 0,24$	$0,18 < IEE \leq 0,4$
B	$0,24 < IEE \leq 0,6$	$0,4 < IEE \leq 0,95$
C	$0,6 < IEE \leq 0,8$	$0,95 < IEE \leq 1,2$
D	$0,8 < IEE \leq 0,95$	$1,2 < IEE \leq 1,75$
E (найменш ефективний)	$IEE > 0,95$	$IEE > 1,75$

Базове значення потужності розраховується на основі значення використовуваного світлового потоку ($P_{\text{вик}}$) за формулами (6) і (7):

$$P_{\text{баз}} = 0,88\sqrt{\Phi_{\text{вик}}} + 0,049 \Phi_{\text{вик}}, \quad (6)$$

(для виробів, у яких $P_{\text{вик}} < 1300$ мм);

$$P_{\text{баз}} = 0,0734 \Phi_{\text{вик}} \quad (7)$$

(для виробів, у яких $P_{\text{вик}} \geq 1300$ мм).

Використовуваний світловий потік для не спрямованого світла є значенням повного світлового потоку ($\Phi_{\text{вик}}$), а для спрямованого світла – світловий потік у межах кута $\leq 90^\circ$.

Значення індексу енергоефективності розраховують за формулою (8):

$$IEE = \frac{P_{\text{кор}}}{P_{\text{баз}}} \quad (8)$$

Такі основні особливості вимог до світлодіодних світильників поєднаних з СВД (нерозбірними конструкціями), які внесені в проект ДСТУ «Світильники загального використання зі світлодіодними джерелами. Вимоги до технічних характеристик».

Висновки.

1. Основні особливості, які відрізняють світлодіодні світильники від світильників з іншими джерелами світла:

1) для світильників із поєднаними світлодіодними джерелами світла (нерозбірними конструкціями) додатково встановлюють вимоги до світлової віддачі, початкових і збережених у процесі строку служби координат колірності, індексу кольоропередачі та світлового потоку, параметрів надійності (вимоги до циклічних температурних випробувань, кількості циклів «вмикання – вимикання» значення температури модуля t_a);

2) У разі використання в світильниках модулів СВД, світлові, колірні параметри

та надійність яких підтверджені результатами випробувань, ці результати можуть бути розповсюджені на ці світильники;

3) СВД світильники мають бути класифіковані за групами ризику небезпечності «синього світла». Для світильників з групою ризику більшою, ніж GP1, потрібно інформувати споживачів про умови безпечного використання світильників;

4) СВД світильники мають бути класифіковані за енергоефективністю згідно з вимогами технічного регламенту [14].

2. На основі проведених досліджень сформульовані вимоги до характеристик СВД світильників і методів їх вимірювання і внесені в проект стандарту «Світильники загального використання зі світлодіодними джерелами. Вимоги до технічних характеристик».

ЛІТЕРАТУРА

1. Амогпай А. Проблемы энергоэффективного освещения в передовых и развивающихся странах / Амогпай А., Тетри Э., Халонен Л. // Светотехника. – 2009. – № 1. – С. 6–10.

Амогпай А. Problemy energoefektivnogo osveshcheniya v peredovykh y razvyvaiushchykh stranakh [Problems of energoefektivny lighting in front lines and developing countries]. *Svetotekhnika [Lighting]*, 2009, no. 1, pp. 6–10 [in Russian].

2. Тетри Э. Экономия электроэнергии благодаря энергосберегающему освещению / Тетри Э., Халонен Л. // Светотехника. – 2009. – № 5. – С. 58–64.

Tetri Je., Halonen L. Jekonomija jelektrojenergii blagodarja jenergosberegajushhemu osveshheniju. [Economy of the electric power thanks to energy saving lighting]. *Svetotekhnika [Lighting]*, 2009, no. 5, pp. 58–64 [in Russian].

3. Атанасиу Б. Тенденции и политика по сокращению расхода энергии на освеще-

ние в ЕС / Атанасиу Б., Бертольди П. // Светотехника. – 2010. – № 4. – С. 25–30.

Atanasyu B., Bertoldy P. Tendentsyy u polityky po sokrashcheniyu raskhoda enerhyu na osveshchenye v ES [Tendencies and policy on reduction of power consumption on lighting in the EU]. *Svetotekhnika [Lighting]*, 2010, no. 4, pp. 25–30 [in Russian].

4. Світильники. Частина 1. Загальні вимоги та випробування : ДСТУ ІЕС 60598-1:2014 – [Чинний від 01-07-2015]. – Київ : Мінекономрозвитку України, 2014. – 123 с. – (Національні стандарти України).

Svitylnyky. Chastyna 1. Zahalni vymohy ta vyprobuvannia: DSTU IES 60598-1:2014 [Fixtures. Part 1: General requirements and test: ISO IEC 60598-1: 2014] [Chynnyi vid 01.07.2015]. – Kyi'v: Minekonomrozvytku Ukrainy, 2014. – 123 s. – (Natsionalni standarty Ukrainy) [in Ukrainian].

5. Светильники. Общие технические условия : ГОСТ 17677-82 (МЭК 598-1-86, МЭК 598-2-1-79, МЭК 598-2-2-79, МЭК 598-2-4-79, МЭК 598-2-19-81) [Введен от 01-01-1983]. – Москва : ИПК Изд-во стандартов, 1982. – 114 с. – (Издательство стандартов).

Svetylnyky. Obshchye tekhnicheskyye usloviya : HOST 17677-82 (MЭК 598-1-86, MЭК 598-2-1-79, MЭК 598-2-2-79, MЭК 598-2-4-79, MЭК 598-2-19-81) [Fixtures. General specifications: GOST 17677-82 (IEC 598-1-86, IEC 598-2-1-79, IEC 598-2-2-79, IEC 598-2-4-79 IEC, IEC 598-2-19- 81)], [Vveden 01-01-1983]. – Moskva: YPK Yzdatelstvo standartov, 1982. – 114 s. – (Yzdatelstvo standartov) [in Russian].

6. Характеристики світильників функціональні. Частина 2–1. Особливі вимоги до світильників зі світловипромінюючими діодами : ДСТУ-П ІЕС/PAS 62722-2-1:2014. – [Чинний від 01-07-2015]. – Київ : Мінекономрозвитку України, 2015. – 25 с. – (Національні стандарти України).

Kharakterystyky svitylnykyv funktsionalni. Chastyna 2-1. Osoblyvi vymohy do svitylnykyv zi svitlovyprominiuiuchymy diodamy : DSTU-P IES/PAS 62722-2-1:2014 [Characteristics of functional lighting fixtures. Part 2-1. Specific requirements for lamps with light-emitting diodes: GOST-P IEC / PAS 62722-2-1: 2014] [Chynnyi vid 01-07-2015]. – Kyi'v: Minekonomrozvytku Ukrainy, 2015. – 25 s. – (Natsionalni standarty Ukrainy) [in Ukrainian].

7. Модулі світлодіодні загального освітлення. Вимоги до характеристик : ДСТУ-П ІЕС/PAS 62717:2014. – [Чинний від 01-07-2015]. – Київ : Мінекономрозвитку України, 2015. – 60 с. – (Національні стандарти України).

Moduli svitlodiodni zahalnoho osvittlennia. Vymohy do kharakterystyk : DSTU-P IES/PAS 62717:2014 [Modules LED general lighting. Requirements specifications: ISO-P IEC / PAS 62717: 2014]. [Chynnyi vid 01-07-2015]. – Kyi'v: Minekonomrozvytku Ukrainy, 2015. – 60 s. – (Natsionalni standarty Ukrainy) [in Ukrainian].

8. Характеристики світильників функціональні. Частина 1. Загальні вимоги : ДСТУ-П ІЕС/PAS 62722-1:2014. – [Чинний від 01-07-2015]. – Київ : Мінекономрозвитку України, 2015. – 20 с. – (Національні стандарти України).

Kharakterystyky svitylnykyv funktsionalni. Chastyna 1. Zahalni vymohy: DSTU-P IES/PAS 62722-1:2014 [Characteristics of functional lighting fixtures. Part 1: General requirements: GOST-P IEC / PAS 62722-1: 2014]. [Chynnyi vid 01-07-2015]. – Kyi'v: Minekonomrozvytku Ukrainy, 2015. – 20 s. – (Natsionalni standarty Ukrainy) [in Ukrainian].

9. Вимоги до світлодіодних та світлотехнічних пристроїв електричних ламп, що використовуються в мережах змінного струму з метою освітлення [Електрон-

- ний ресурс] : Постанова КМУ від 15 жовтня 2012 р. № 992 // Верховна Рада України : офіц. веб-портал. Нормативно-правова база України. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/992-2012-%D0%BF>. – Назва з екрана. – Дата звернення : 30.06.2015.
- Vymohy do svitlodiodynykh ta svitlotekhnichnykh prystroiv elektrychnykh lamp, shcho vykorystovuiutsia v merezhakh zminnoho strumu z metoiu osvittlenia : Postanova KМУ vid 15 zhovtnia 2012 r. № 992 [Requirements for LED lighting devices and electric lamps used in AC networks with the purpose lighting:]. – Rezhym dostupu: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/992-2012-%D0%BF> (accessed 18.06.2015) [in Ukrainian].
10. Light and lighting – Lighting of work places – Part 1 : Indoor work places [Електронний ресурс] : EN 12464-1:2011. – Режим доступу: <http://www.aget.lt/app/webroot/files/uplo>. – Назва з екрана. – Дата звернення: 30.06.2015.
11. Безпечність ламп і лампових систем фотобіологічна ДСТУ ІЕС 62471:2009. – [Чинний від 01-01-2012]. – Київ : Держспоживстандарт України, 2009. – 32 с. – (Національний стандарт України).
- Bezpechnist lamp i lampovykh system fotobiolohichna DSTU IEC 62471:2009 [Safety lampovykh lamps and photo-biological systems ISO IEC 62471: 2009]. [Chynnyi vid 01-01-2012]. – Kyi'v: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2009. – 32 s. (Natsionalnyi standart Ukrainy) [in Ukrainian].
12. Безпечність ламп і лампових систем фотобіологічна. Частина 2. Настанови щодо вимог до конструкцій стосовно безпеки нелазерних оптичних випромінень : ДСТУ-П ІЕС/TR 62471-2:2014. – [Чинний від 01-04-2015]. – Київ : Держспоживстандарт України, 2014. – 47 с. – (Національний стандарт України).
- Bezpechnist lamp i lampovykh system fotobiolohichna. Chastyna 2. Nastanovy shchodo vymoh do konstruktsii stosovno bezpechnosti nelazernykh optychnykh vyprominen' : DSTU-P IEC/TR 62471-2:2014 [Safety lampovykh lamps and photo-biological systems. Part 2. Guidelines for requirements concerning safety designs nelazernykh optical radiation: GOST-P IEC / TR 62471-2: 2014]. [Chynnyi z 2007-07-01]. – Kyi'v: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2014. – 47 s. (Natsionalnyi standart Ukrainy) [in Ukrainian].
13. Застосування положень ІЕС 62471 до джерел світла та світильників стосовно оцінювання небезпечності синього світла : ДСТУ ІЕС/TR 62778:2015. – [Чинний від 01-07-2017]. – Київ : Держспоживстандарт України, 2015. – 47 с. – (Національний стандарт України).
- Zastosuvannia polozhen IEC 62471 do dzherel svitla ta svitylnykyv stosovno otsinenia nebezpechnosti synoho svitla: DSTU IEC/TR 62778:2015 [The provisions of IEC 62471 to the light sources and fixtures in relation to blue light hazard assessment: ISO IEC / TR 62778: 2015]. [Chynnyi vid 01-07-2017]. – Kyi'v: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2015. – 47 s. (Natsionalnyi standart Ukrainy) [in Ukrainian].
14. Про затвердження технічного регламенту енергетичного маркування електричних ламп та світильників [Електронний ресурс] : Постанова КМУ від 27.05.2015 р. № 340 // Верховна Рада України : офіц. веб-портал. Нормативно-правова база України. – Режим доступу: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/340-2015-п>. – Назва з екрана. – Дата звернення: 30.06.2015.
- Pro zatverdzhennia tekhnichnoho rehlementu enerhetychnoho markuvannia elektrychnykh lamp ta svitylnykyv: Postanova KМУ vid 27.05.2015 r. № 340 [On approval of technical regulations energy labeling of electrical lamps and lighting: CMU from 05.27.2015 g. № 340]. Available at: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/340-2015-p>. – Nazva z ekrana. – Data zvernennia: 30.06.2015 [in Ukrainian].

Г. М. Кожушко, доктор технических наук, профессор; **Л. В. Дугніст** (Высшее учебное заведение Укоопсоюза «Полтавский университет экономики и торговли»). **Особые требования к светодиодным светильникам.**

Аннотация. В статье анализируются особенности по установлению технических требований к светодиодным светильникам. К неразборным конструкциям светодиодных светильников, кроме традиционных требований, которые предъявляются к светильникам с разрядными лампами и лампами накаливания, дополнительно нормируются: световая отдача, начальные и сохранившиеся в процессах срока службы световой поток, координаты цветности, общий индекс цветопередачи. Ресурсные характеристики и надежность оцениваются по результатам спада светового потока, количество циклов включений и циклических температурных испытаний. Требования к ограничению блескости и значение защитных углов светодиодных светильников отличаются от светильников с другими источниками света. Светодиодные светильники должны быть классифицированы по группам риска фотобиологической безопасности и классам энергоэффективности. Целью исследования является анализ характеристик светильников с СВД и методов оценки их соответствия, а также разработка предложений по установлению требований к светильникам в проекте стандарта «Светильники со светодиодными источниками света. Общие технические условия». Предмет – светильники со светодиодными источниками света. Применены стандартные методы исследования световых и цветовых параметров светодиодной продукции. На основе проведенных исследований сформулированы требования к характеристикам СВД светильников и методов их измерения и внесены в проект стандарта. Проведенный анализ особенностей, которые отличают светодиодные светильники от светильников с другими источниками света.

Ключевые слова: светодиод, светильник, светоотдача, цветопередача, энергоэффективность, безопасность.

G. Kozhushko, Dc. Tech. Sci., Professor; **L. Duhnist** (Poltava University of Economics and Trade). **Special requirements for led downlight.**

Summary. The paper analyzes the characteristics of the establishment of technical requirements for LED lamps. Folding design for LED lighting, in addition to traditional requirements that apply to luminaires with discharge lamps and incandescent lamps, further standardized: light output, primary and recovered during the life of the luminous flux, color coordinates, the general color rendering index. Resource performance and reliability was evaluated by the results of the luminous flux decline, the number of switching cycles and cyclic temperature tests. Requirements to limit glare and protecting the value of the angles of LED lighting fixtures are different from other light sources. LED fixtures must be classified into risk groups photobiological safety and energoefektivnosti classes. The aim is to analyze the characteristics of LED lamps and their conformity assessment methods, and developing proposals to establish requirements for lamps in the project standard. «Luminaires with led light source. General specifications». Item – lamp with LED light sources. The applied standard research methods of light and color characteristics LED products. On the basis of research formulated requirements for LED luminaires and measurement techniques and included in the draft standard. The analysis features that distinguish LED lighting fixtures from other light sources.

Keywords: LED, lamp, light output, color rendering, energy efficiency, energy efficiency, safety.