

УДК 621.31.311

С.Г. Кислиця<sup>1</sup>, Г.М. Кожушко<sup>2</sup><sup>1</sup> Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава<sup>2</sup> Полтавський університет економіки і торгівлі, Полтава

## СВІТЛОДІОДНІ СВІТИЛЬНИКИ: ОСОБЛИВОСТІ ТА ОСНОВНІ СВІЛОТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

Проаналізовано відмінності щодо встановлення вимог до світлодіодних світильників та їх випробувань згідно з міжнародними стандартами. Для нерозбірних конструкцій світлодіодних світильників, крім традиційних вимог додатково нормується світлова віддача, початкові та збережені в процесі строку служби світловий потік, координати колірності, загальний індекс кольоропередачі. Ресурсні характеристики та надійність оцінюють за результатами спаду світлового потоку, кількості циклів “вмикання-вимикання” та циклічних температурних випробувань. Вимоги до обмеження блискавості та значення захисних кутів світлодіодних світильників відрізняються від вимог для світильників з розрядними лампами та лампами розжарювання і для більшості випадків вони є більш високими.

**Ключові слова:** світлодіодні світильники, нормування, ресурсні характеристики, надійність.

### Вступ

Застосування світловипромінювальних діодів (СВД) для освітлення суттєво змінило підходи щодо встановлення вимог до характеристик та методів випробувань світильників з цими джерелами світла в порівнянні з вимогами до світильників з лампами розжарювання (ЛР) та розрядними лампами (РЛ). Це викликано відмінністю конструкцій СВД від традиційних джерел світла та їх ресурсними, світлотехнічними та іншими характеристиками. Метою даної роботи є аналіз особливих вимог до характеристик світильників із СВД джерелами світла та методів оцінки їх відповідності за стандартами Міжнародної електротехнічної комісії (МЕК) та рекомендаціями Міжнародної комісії з освітлення (МКО).

В Україні на основі міжнародних, розроблені національні стандарти на світлодіодні світильники та світлодіодні джерела світла, які використовують у цих світильниках, а також на методи вимірювання та випробування їх параметрів. Крім того розроблено проект національного стандарту “Світильники загального використання зі світлодіодними джерелами. вимоги до технічних характеристик”, який доповнює міждержавний стандарт ГОСТ 17677–89 “Светильники. Общие технические условия” в частині щодо світлодіодних світильників.

### Матеріал і результати дослідження

Для світильників в яких використовують світлодіодні лампи принципово нових вимог у порівнянні зі світильниками для інших джерел світла (ЛР, РЛ), немає, хоч і є деякі особливості. Стосовно світильників зі світлодіодними джерелами світла, які поєднані зі світильниками (нерозбірними конструкціями), крім традиційних вимог додатково встановлюють вимоги, які зазвичай властиві для ламп — світлова віддача, колірні характеристики, стабіль-

ність світлового потоку та колірних характеристик у процесі строку служби.

Згідно з проектом ДСТУ “Світильники загального використання зі світлодіодними джерелами. Вимоги до технічних характеристик”, початкове значення світлової віддачі джерел світла (модулів СВД), які використовують у світильниках з різними корельованими колірними температурами (ККТ) повинні бути не менше ніж надано в табл. 1.

Таблиця 1  
Мінімальні значення світлової віддачі модулів СВД для нерозбірних конструкцій світильників

Номінальні значення ККТ, К	Діапазони значень ККТ, К	Мінімальні значення світлової віддачі $\eta$ , лм·Вт <sup>-1</sup>
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	

Початкові значення корельованих колірних температур та координат колірності світильників  $x, y$  мають бути в межах полів допусків, які зображають на колірній діаграмі ( $x, y$ ), значення яких надано в табл. 2. 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.

Параметри, які нормують для світлодіодних світильників з поєднаними СВД-джерелами світла (нерозбірних світильників) і які потрібно оцінювати шляхом вимірювань та випробувань встановлені в [1]: потужність, світловий потік, розподіл сили світла та максимальна сила світла, кут розходження пучка, світловіддача, 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 вмикання-вимикання джерела живлення та форсованого функціонування), значення температури модуля та.

Таблиця 2

Значення ККТ та координат колірності  $x, y$ 

Значення ККТ, К		Координати колірності $x, y$ , які відповідають нормованим значенням ККТ	
номінальні	нормовані разом з допущеннями	$x$	$y$
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

Так як строк служби світлодіодних світильників з поєднаними СВД модулями є тривалим, то оцінювати цей параметр традиційним методом, наприклад, як час функціонування до відказу 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 в світильниках застосовані СВД модулі відповідність параметрів яких не підтверджені вимогам [2], то тривалість випробування становить 25% номінального строку служби (за максимального значення часу випробування 6000 год).

Для світильників із СВД модулями світлові параметри і 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.

Випробування на надійність передбачають: циклічні температурні випробування, випробування на вмикання/вимикання та форсоване функціонування. Циклічні випробування проводять в камері, в якій температура змінюється від  $-10^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$  зі швидкістю  $1^{\circ}\text{C}$  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 половині задекларованого номінального строку служби (в годинах). Світильники (модулі

СВД) почергово вмикаються та вимикаються на 30 с. Форсовані випробування проводять за номінальної напруги при температурі на  $10^{\circ}\text{C}$  більше ніж максимальне рекомендоване значення  $t_{p \text{ макс}}$  протягом 25% номінального строку служби.

Особливістю оцінювання відповідності світлодіодних світильників є також те, що при використанні в світильниках модулів СВД, параметри яких підтверджені щодо вимог [2], на світлові та колірні параметри, а також випробування на надійність можуть бути використані результати випробувань модулів СВД.

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

Значення захисного (умовного захисного) кута по обмеженню яскравості, зони обмеження яскравості в нижній півсфері і габаритної яскравості для підвісних, стельових та вбудованих світлодіодних світильників загального освітлення приміщень громадських будівель регламентуються проектом ДСТУ "Світильники загального використання зі світлодіодними джерелами. Вимоги до технічних характеристик" повинні відповідати вказаним у табл. 3.

Таблиця 3

Світлотехнічні вимоги до світильників загального освітлення приміщень громадських будівель

Захисний кут у поперечній і поздовжній площинах	Зона обмеження яскравості, градуси	Габаритна яскравість, $\text{кд}/\text{м}^2$ , не більше для класу світлорозподілу		
		Прямого світла (П)	Переважно прямого світла (Н)	Розсіяного та переважно розсіяного світла (Р,В)
30	60-90	3500	4500	5000

Значення захисного кута, зони обмеження яскравості в нижній півсфері і габаритної яскравості настінних світлодіодних світильників загального освітлення житлових приміщень повинні відповідати вказаним у табл. 4.

Таблиця 4

Максимальне значення габаритної яскравості світильників загального освітлення житлових приміщень

Клас світлорозподілу	Габаритна яскравість, $\text{кд}/\text{м}^2$ , не більше
П	3500
Н	3000
Р	2500

У технічних умовах на світильники конкретних типів або груп для загального освітлення виробничих, громадських і житлових будівель, в залежності

від їх призначення, повинні бути вказані (крім вимог згідно з ДСТУ-П ІЕС/PAS 62722-2-1) такі світлотехнічні параметри: клас світлорозподілу; тип кривої сили світла (крім світильників для житлових приміщень); захисні кути (світильників для виробничих, громадських і житлових будівель); зона обмеження яскравості та габаритна яскравість у цій зоні (світильників для громадських будівель).

Відомо, що оптичне випромінювання здатне визивати ряд біологічних реакцій у тканинах живих організмів, у тому числі і негативних, які визначаються процесами перетворення енергії на молекулярному рівні. Що стосується фотобіологічної безпеки ламп і систем освітлення, то до появи яскравих СВД у центрі уваги були обмеження по УФ-випромінюванню. З появою "білих" над'яскравих світлодіодів, які використовують для освітлення, виникло питання їх безпеки для сітківки ока і про небезпеку "синього світла".

Класифікацією безпечності оптичних випромінювань згідно з [3] встановлено чотири основних групи ризиків. Для ламп загального призначення (ЛЗП) безперервного горіння та світильниками з такими лампами значення параметрів безпеки надають у вигляді як опроміненості ( $E_c$ ), так і енергетичної яскравості ( $L_c$ ) на відстанях, де утворюється освітленість 500 лк, але не менше ніж 200 мм.

## ВИСНОВКИ

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

1) для світильників з поєднаними світлодіодними джерелами світла (нерозбірними конструкціями) додатково встановлюють вимоги до світлової віддачі, початкових та 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  $t_m$ ;

2) при використанні в світильниках модулів СВД світлові, колірні параметри та надійність яких підтверджені результатами випробувань, ці результати можуть бути розповсюджені на дані світильники;

3) вимоги до обмеження блискавості та значення захисних кутів світильників, відрізняються від таких вимог для світильників з іншими джерелами світла;

4) СВД світильники мають бути класифіковані за групами ризику небезпечності синього світла.

## Список літератури

1. Характеристики світильників функціональні. Частина 2-1. Особливі вимоги до світильників зі світло-випромінюючими діодами: ДСТУ-П ІЕС/PAS 62722-2-1: 2014. [Чинний від 01-07-2015]. – К.: Мінекономрозвитку України, 2015. – 25 с. (Націон. стандарт України).
2. Модулі світлодіодні загального освітлення. Вимоги до характеристик: ДСТУ-П ІЕС/PAS 62717:2014. — [Чинний від 01-07-2015]. — К.: Мінекономрозвитку України, 2015. — 60 с. (Націон. стандарт України).
3. Безпечність ламп і лампових систем фотобіологічна: ДСТУ ІЕС 62471:2009 [Чинний від 01-01-2012]. — К.: Держспоживстандарт України, 2014. — V, 34 с. (Націон. стандарт України).
4. Безпечність ламп і лампових систем фотобіологічна. Част. 2. Наставови щодо вимог до конструкцій стосовно безпечності нелазерних оптичних випромінень: ДСТУ-П ІЕС/TR 62471-2:2014. [Чинний з 2007-07-01]. — К.: Держспоживстандарт України, 2014. — 47 с. (Націон. стандарт України).
5. Застосування положень ІЕС 62471 до джерел світла та світильників стосовно оцінювань небезпечності синього світла: ДСТУ ІЕС TR 62778:201X. — К.: Мінекономрозвитку України, 2015. — 55 с. (Націон. стандарт України).
6. Кожушко Г.М. Особливі вимоги до світлодіодних світильників за міжнародними стандартами // Промислова електроенергетика та електротехніка. №1(97). 2016. С. 13-19.

Надійшла до редколегії 6.03.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.В. Козелков, Державний університет телекомунікацій, Київ.

## СВЕТОДИОДНЫЕ СВЕТИЛЬНИКИ: ОСОБЕННОСТИ И ОСНОВНЫЕ СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

С.Г. Кислица, Г.М. Кожушко

Проанализированы различия по установлению требований к светодиодным светильникам и их испытаний в соответствии с международными стандартами. Для неразборных конструкций светодиодных светильников, кроме традиционных требований дополнительно нормируется световая отдача, начальные и сохранённые в процессе срока службы световой поток, координаты цветности, обций индекс цветопередачи. Ресурсные характеристики и надёжность оценивают по результатам спада светового потока, количества циклов "включение-выключение" и циклических температурных испытаний. Требования к ограничению блёсткости и значение защитных углов светодиодных светильников отличаются от требований для светильников с разрядными лампами и лампами накаливания и для большинства случаев они являются более высокими.

**Ключевые слова:** светодиодные светильники, нормирования, ресурсные характеристики, надёжность

## LED LIGHTING: BASIC FEATURES AND LIGHTING REQUIREMENTS

S.G. Kyslytsia, G.M. Kozhushko

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 energy efficiency classes.

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