

## МЕТОД АНАЛІЗУ ЯКОСТІ СВІТЛОДІОДНИХ ЛАМП

Вінницький національний технічний університет

### **Анотація**

*Запропоновано метод і технологію експрес-тестування світлодіодних джерел для внутрішніх приміщень. Проведено лабораторні вимірювання та отримано робочі характеристики для зразків світлодіодних ламп окремих виробників. Здійснено аналіз результатів та наведено рекомендації щодо використання.*

**Ключові слова:** світлодіодні лампи, спектр, колірна температура

### **Abstract**

*The tag describes the technology of rapid testing of LED lamps that are installed indoors. The characteristics of the lamps written on the packaging were analyzed and laboratory tests were carried out. Work with laboratory equipment and schedules were done.*

**Keywords:** LED lamps, spectrum, color temperature

### **Вступ**

Розвиток енергозберігаючих технологій зумовив швидке зростання виробництва світлотехнічної продукції. Сьогодні на заміну люмінесцентним лампам і лампам розжарювання, поширеним в Україні для систем загального освітлення приміщень, прийшли компактні люмінесцентні та світлодіодні лампи. Одним із найбільш стрімко зростаючих ринків світлотехніки є ринок світлодіодних джерел випромінювання, яким властиві висока енергоефективність, тривалий час роботи, екологічність, регульованість освітленості та колірної температури.

### **Постановка задачі і метод дослідження**

Світлодіодні джерела випромінювання відрізняються за характеристиками та ціною залежно від компанії та країни виробника. На вітчизняному ринку зустрічаються виробники, характеристики випромінювання ламп яких не повністю відповідають санітарним вимогам та/або відрізняються від зазначених у супровідній технічній документації [1, 2]. Для аналізу якості та відповідності характеристик світлодіодних ламп актуальним є використання експресних методів їх тестування доступними засобами (за можливості без застосування спеціального лабораторного обладнання).

Пропонується метод аналізу якості світлодіодних ламп, який є експериментальним методом та базується на кількох етапах вимірювань.

Перший (комплексний) етап вимірювань включає:

- 1) вимірювання світлового потоку та освітленості джерела при включенні та через 15 хвилин роботи (люксметр RADEX LUPIN);
- 2) вимірювання потужності споживання лампи при включенні та через 15 хвилин роботи (ватметр PZM-21);
- 3) вимірювання коефіцієнта пульсацій (люксметр RADEX LUPIN).

Другий (коліриметричний) етап вимірювань включає:

- 1) цифрова реєстрація зображення кругової діаграми кольорів (рис. 1) на цифровому фотоапараті на відстані 1м при освітленні досліджуванім джерелом випромінювання;
- 2) обробка зображення з використанням адитивної кольорової моделі RGB у графічному редакторі (Adobe Photoshop або ін.) із формування таблиці числових значень кольорів кожного із 16 секторів еталонної кругової діаграми у форматі CIE Lab;

- 3) розрахунок за формулою 1 відхилення кольорів  $\Delta E$  від еталонного для кожного із каналів (секторів) зображення;
- 4) аналіз і порівняння результатів при освітленні різними джерелами.



Рис. 1 – Кругова секторальна діаграма із еталонними значеннями кольорів

Стандартна модель CIELAB (рис. 2) являє собою кольорову діаграму, на якій  $L^*$  позначає світлість (*Lightness*),  $a^*$  - співвідношення червоної і зеленої частин спектра (від  $-a$  до  $a$ ),  $b^*$  - співвідношення жовтої і синьої частин спектра (від  $-b$  до  $b$ ). Шкала має форму сфери, в якій центральною вертикаллю є *Lightness* (максимальне значення  $L^*=100$  відповідає білому кольору, мінімальне  $L^*=0$  – чорному,  $L^*=50$  – нейтральний сірий колір).

Показник Delta E, який визначає відмінність у людському сприйнятті між двома кольорами визначаємо на основі координат  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  (стандарт CIE76) [3]:

$$\Delta E = \sqrt{(L^*_2 - L^*_1)^2 + (a^*_2 - a^*_1)^2 + (b^*_2 - b^*_1)^2}, \quad (1)$$

де  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , – це координати кольору в системі CIELab,  $Color_1 = (L^*_1, a^*_1, b^*_1)$ ,  $Color_2 = (L^*_2, a^*_2, b^*_2)$ .

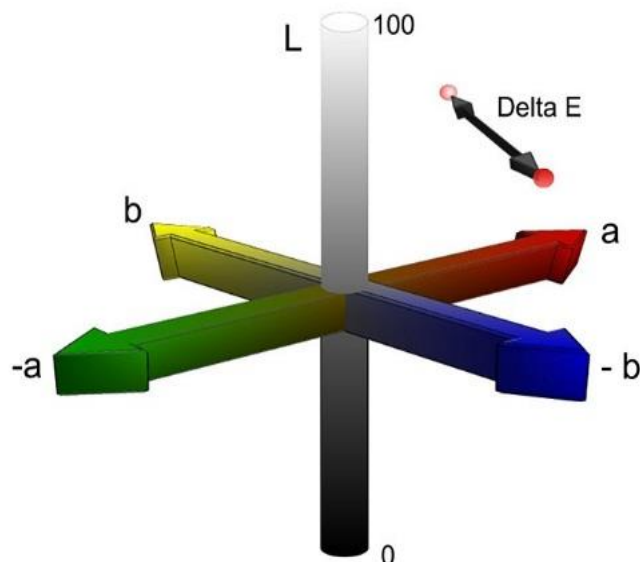






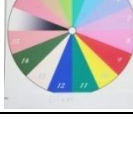


Рис. 2 – Стандартна модель кольорового простору CIELab, на якій демонструється відстань між двома кольорами Delta E [2]

## Експериментальні результати

Проведено аналіз характеристик світлодіодних випромінювачів - аналогів люмінесцентних ламп типу T8 потужності 18 Вт довжиною 600 мм з цоколем G 13. Досліджено 11 зразків різних виробників. Світловий потік, освітленість та пульсації вимірювались люксометром RADEX LUPIN, потужність споживання - ватметром PZEM – 21. Відстань вимірювань від ламп до люксометра становила 1 м. Температура у приміщенні під час вимірювань – 18 °С. Дослідження проводилися у лабораторії 2158 кафедри ЛОТ ВНТУ. Основні результати на першому (комплексному) етапі вимірювань наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Комплексний аналіз характеристик світлодіодних ламп

Номер зразка, виробник	Світловий потік, Лм; P, Вт Світл. ефект. лк/Вт	Освітленість, лк; Потужн P, Вт (старт)	Освітленість, лк P, Вт Світл. еф лк/Вт (+15 хв.)	Коеф. пульс., % Cos F	Напруга живлення В Мін. напруга, В	Колірна темпер., К (пасп.) Колірна темпер., К (експ.)	Початкова темпер. джерела (експ., 1 хвил. після вкл.)	Індекс CRI (Ra) (паспорт.)	Фотографія карти кольорів лампи
1. Eurolamp Німеччина	780 9 86	160 9,1	150 9 16,7	1 0,59	175- 265 150	4100 3800	53	93	
2. ІЕК Росія	900 10 90	153 9	150 8,7 17,2	<1 0,55	180- 240 140	4000 3700	43	-	
3. Gauss Росія	780 10 78	171 8,3	169 7,9 21,4	<1 0,6	180- 240 160 (дім.)	4000 3700	45	>80	
4. Jazz way Росія	800 10 80	169 9,7	152 9,3 16,3	<1 0,6	185- 240 150 (дім.)	4000 3700	43	>80	
5. ІСКРА 1 Україна	810 9 90	125 8,1	119 8,2 14,7	73,8 0,43	220- 240 180 (дім.)	4000 3650	45	-	
6. ІСКРА 2 Україна	810 9 90	180 10,4	164 10 16,4	<1 0,5	220- 240 180 (дім.)	4000 3800	45	-	
7. ВІОМ Україна	-	159 9,4	144 9,1 15,8	<1 0,57	- 120	4000 3700	45	-	

8. Optima Україна	750 8 95	163 8,6	160 8,3 19,2	<1 0,53	190- 240 180	4000 3750	38	-	
9. Ledlife Україна	120 Лм/ Вт	205 6,8	202 6,7 30,4	70 0,99	160- 165 150	4000 3900	35	83	
10. Global Україна	800 8 100	150 8,1	150 8,1 18,5	<1 0,5	198- 242	4000 3900	37	70	
11. NLCO HLT10-01 Росія	800 10 80	280 10,6	270 10,4 26	1,3 0,91	90-265 100	5000 5000	31	>80	

На другому (колориметричному) етапі дослідження на основі обробки цифрового зображення еталонної кругової діаграми при освітленні відповідним зразком сформовано таблицю числових значень кольорів кожного із 16 секторів кругової діаграми у кольоровій моделі RGB та здійснено розрахунок показник Delta E у форматі даних CIE Lab для одного зі зразків ІЕК (зразок 2).

Таблиця 2 – Розраховані параметри кольорів кругової діаграми

Сектор Парам. кольору	Сектор																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Ет ало н	L	221	198	173	129	140	151	198	228	216	255	101	47	248	110	228	254
	a	157	177	199	203	164	175	150	145	0	250	179	80	232	128	168	254
	b	172	130	101	160	223	252	252	236	62	88	141	190	218	82	168	254
	$\Delta E$	75,8	77,7 1	92,2 8	83,8 4	75,2 6	83,7 9	90,8 7	90,9 2	90,4 6	123,0 4	75,8 1	77,0 3	93,3 6	57,9 8	78,0 8	99,6 5
ІЕ К	L	148	138	105	46	71	95	135	148	131	163	10	0	163	54	149	166
	a	93	118	136	110	120	110	106	91	44	148	84	49	156	76	102	166
	b	116	97	58	104	155	156	153	142	55	6	82	135	152	52	113	167
	$\Delta E$	53,2	53,1 3	69,3 3	47,7 9	54,3 7	54,4	57,4 4	59,2 6	51,3 8	88,32	38,5 3	61,2	64,9 2	35,0 2	52,5 8	68,1 4

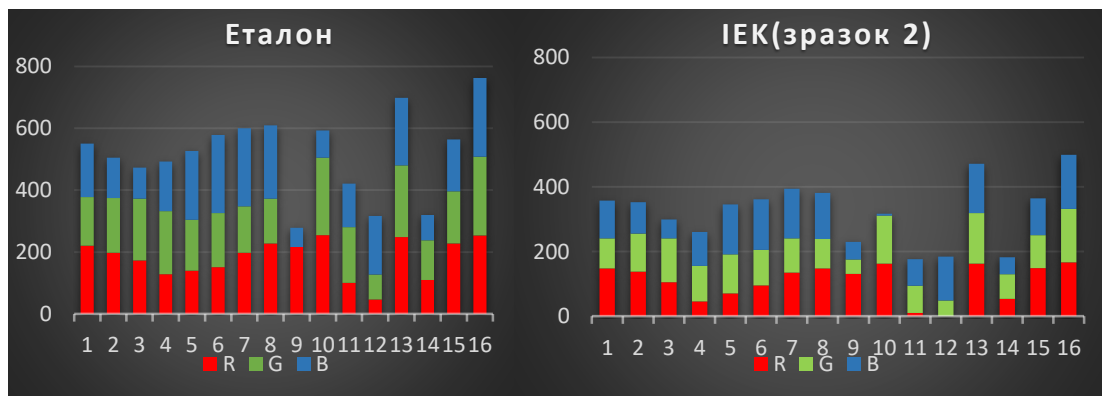


Рис. 3 - Діаграми співвідношення кольорів у системі RGB

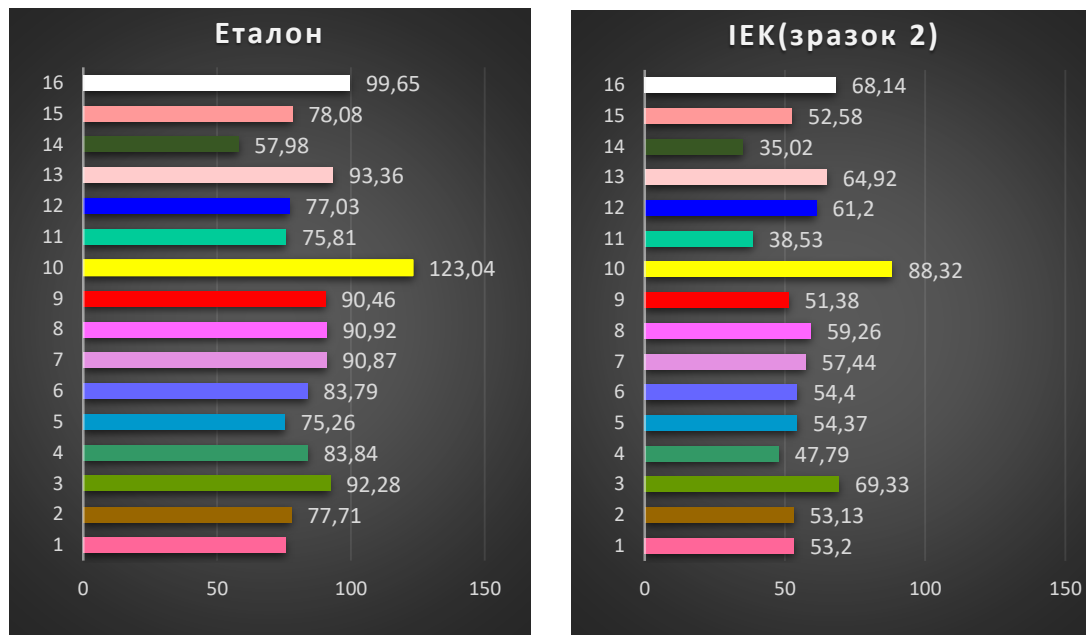


Рис. 4 – Результати оцінювання різниці кольорів на основі параметра Delta E

Як видно з діаграм для певних складових кольору (найбільш вираженими є сектори кругової діаграми 9-12) існує розбіжність з еталонними значеннями, що свідчить про недосконалість формування відповідних колірних складових джерела випромінювання ІЕК [4].

### Висновки

Комплексний аналіз якості світлодіодних джерел випромінювання дозволяє зробити оціночне дослідження якості випромінювачів та відповідності паспортних характеристик заявленим значенням. В цілому, серед досліджених зразків можна рекомендувати до використання лампи Gauss, OPTIMA та Eurolamp (за сукупністю результатів).

Запропонований метод аналізу якості ламп, який включає кольориметричний аналіз зображень кругової діаграми є доступним і простим у застосуванні. Колірне сприйняття для всіх ламп суб'єктивно є приблизно однаковим. В спектрі не виявлено кольорових домішок, що зазвичай викликають дискомфорт. Однак відсутність певних складових кольору для зразка 2 виявила недосконалість формування відповідних колірних складових джерела випромінювання ІЕК.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. Офіційне видання.
2. Я. Скорюкова, С. Марков. Особливості впровадження сучасного освітлення в навчальних аудиторіях, ОЕІЕТ, vol 36, № 2, с. 85-93, Лип 2019.
3. Color Navigator [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://blog.colornavigator.net/reproducing-color>
4. Фотометричний метод експресної оцінки CRI [Текст] / Я. Г. Скорюкова, С. М. Марков, С. Є. Тужанський, Д. Ю. Локотей // Оптиелектронні інформаційні технології «Фотоніка-ОДС 2018». Збірник тез доповідей VIII міжнародної науково-технічної конференції, м. Вінниця, 2-4 жовтня 2018 р. – Вінниця : Вид-во ПП «ТД Едельвейс і К», 2018, с.201

**Тужанський Станіслав Євгенович** — к.т.н., доцент, кафедра ЛОТ, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [slavat@vntu.edu.ua](mailto:slavat@vntu.edu.ua)

**Марков Сергій Михайлович** — завідувач лабораторіями, кафедра ЛОТ, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [sergmarkov01@gmail.com](mailto:sergmarkov01@gmail.com)

**Скорюкова Яніна Германівна** — к.т.н., доцент, кафедра САКМІГ, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [yaninaskorukova@gmail.com](mailto:yaninaskorukova@gmail.com)

**Іванюк Олександр Вікторович** — студент групи ЛТО-19м, факультет комп'ютерних систем та автоматики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [380939639903@ukr.net](mailto:380939639903@ukr.net)

**Stanislav Y. Tuzhanskij** — PhD., docent, Vinnytsia National Technical University. Vinnytsia, e-mail: [slavat@vntu.edu.ua](mailto:slavat@vntu.edu.ua)

**Serhii M. Markov** — Head of Laboratory, Vinnytsia National Technical University. Vinnytsia, e-mail: [sergmarkov01@gmail.com](mailto:sergmarkov01@gmail.com)

**Yanina G. Skoriukova** — PhD., docent, Vinnytsia National Technical University. Vinnytsia, e-mail: [yaninaskorukova@gmail.com](mailto:yaninaskorukova@gmail.com)

**Oleksandr V. Ivaniuk** — student of Department of Computer Systems and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [380939639903@ukr.net](mailto:380939639903@ukr.net)