

Кожушко Г. М.,
Басова Ю. О.,
Губа Л. М.

ПОРІВНЯННЯ ДИНАМІКИ СВІТЛОВИХ ТА КОЛІРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПАКТНИХ ЛЮМІНЕСЦЕНТНИХ ТА СВІТЛОДІОДНИХ ЛАМП В ПРОЦЕСІ СТРОКУ СЛУЖБИ

Наведені результати порівняльних досліджень світлових та колірних характеристик компактних люмінесцентних та світлодіодних ламп в процесі строку служби. Показано, що комерційні зразки світлодіодних ламп, які надходять на ринок України, мають перевагу перед КЛЛ за строком служби, світловою віддачею, стабільністю світлових та колірних параметрів в процесі строку служби.

Ключові слова: компактна люмінесцентна лампа, світлодіодні лампи, світлова віддача, колірна температура, координати колірності, строк служби.

1. Вступ

В житлово-комунальній сфері на освітлення витрачається 10,5 % від загального електроспоживання [1]. Освітлення – це третій основний споживач електроенергії (ЕЕ) після електропобутових нагрівальних (18,8 %) та охолоджувальних (15,3 %) пристроїв. Одним із основних шляхів економії ЕЕ на освітлення в житлово-комунальній сфері є використання компактних люмінесцентних ламп (КЛЛ) та світлодіодних (СВД) ламп – найбільш ефективних джерел світла (ДС). Заміна ламп розжарювання (ЛР) на КЛЛ та СВД лампи дає можливість економити до 80 % ЕЕ на освітлення. Це простий і найменш затратний шлях економії ЕЕ для житлового освітлення [2, 3].

Але проблема зменшення енергоспоживання на освітлення має вирішуватись таким чином, щоб підвищення світлової віддачі і ресурсних характеристик ДС не знижували якість світла. До якісних параметрів світла відносяться, зокрема:

- колір світла (спектр випромінювання, координати колірності (x, y) , корельована колірна температура);
- кольоропередача (загальний індекс кольоропередачі, Ra);
- стабільність кольору та якості кольоропередачі в процесі строку служби ДС.

Незважаючи на широке застосування КЛЛ і СВД ламп, динаміка їх світлових та колірних параметрів в процесі строку служби вивчена недостатньо. Враховуючи також те, що технології виробництва цих енергоекономичних ламп постійно вдосконалюються (особливо це стосується СВД ламп), дослідження параметрів комерційних зразків є питанням завжди актуальним, так як споживачі повинні мати інформацію про їх сучасний технічний рівень. Актуальність даної роботи також у тому, що вона надає інформацію щодо відповідності КЛЛ та СВД ламп, які надходять на ринок України, вимогам та рекомендаціям міжнародних стандартів, а також щодо їх споживчих переваг та недоліків.

2. Об'єкт дослідження на його технологічний аудит

Об'єктом дослідження були світлові та колірні параметри КЛЛ та СВД ламп в процесі їх строку служби.

Досліджували компактні люмінесцентні лампи потужністю 13–85 Вт з номінальними колірними температурами 2700 К, 4000 К та 6500 К для прямої заміни ламп розжарювання (з приєднаними електронними пускорегулюючими апаратами) та світлодіодні лампи для прямої заміни ламп розжарювання потужністю 6–12 Вт різних торговельних марок, які були присутні на ринку України в 2013 р.р.

Виробництво КЛЛ та їх впровадження для житлових приміщень розпочалося більше 30 років тому і весь цей час проходило їх вдосконалення. За цей період вдалося вирішити багато проблем, які стримували використання КЛЛ для прямої заміни ЛР в побуті. Зокрема, з освоєнням виробництва КЛЛ форм-фактору T2 габарити їх наблизилися до ЛР, лампи більшості виробників витримують не менше 3000 циклів вмикання на 8000 год. напрацювання, загальний індекс кольоропередачі ламп, як правило, перевищують 80, кількість ртуті в лампах знижено до 2–3 мг. Але ще не всі параметри КЛЛ задовольняють споживачів, так вони не є стовідсотковими еквівалентами ЛР за багатьма параметрами [4, 5]. Не всіх споживачів влаштовують колірність, час запалювання ламп, який досягає 2 с, змінення світлових та колірних параметрів КЛЛ в процесі стабілізації (після запалювання ламп) та в процесі їх строку служби. Залежність цих параметрів від температури навколишнього середовища, значний розкид колірних характеристик не тільки у лампах різних виробників, але і в межах партій одного виробника. Часто виробниками декларуються параметри, які не відповідають фактичним. Наприклад, вказується, що дана лампа замінює ЛР певної потужності, хоча споживач навіть без вимірювання відчуває, що остівленість при заміні ЛР на КЛЛ нижча, що створює дискомфорт.

Широке впровадження КЛЛ в житловий сектор гостро ставить проблему про обов'язкову утилізацію відпрацьованих ламп. Утилізація ламп в ЄС організована на основі угоди європейських виробників джерел світла і WEEE Директиви, а також національних законодавств. Стоїть завдання утилізувати не менше 80 % ламп, які відпрацювали свій термін. В Україні проблема збирання та утилізації ламп з житлового сектору взагалі не вирішена. Через відсутність належного контролю та інформації про якість ламп на ринку України бувають випадки потрапляння до споживачів ламп низької якості. Зокрема, КЛЛ мають не відповідні значення світлових потоків, колірності, стабільності цих параметрів в процесі строку служби, надійності та ін. [4–8].

Досягнення в галузі СВД за останні десятиріччя дозволили СВД лампам успішно конкурувати не тільки з ЛР, але і з розрядними лампами. Сьогодні СВД лампи та світильники використовуються майже у всіх сферах – зовнішньому освітленні, освітленні промислових об'єктів, офісних і торгівельних приміщень, в житлово-комунальному господарстві, побуті.

Динаміка зростання продаж світлодіодної продукції за останній період досягла 30 % в рік і очікується, що збережеться як мінімум до 2017 р. [9]. Довіра споживачів до світлодіодної продукції значно зросла, але одночасно зросли і вимоги до її параметрів. Так, в Європі, США і ряді інших країн енергоефективність і ціна уже не єдині домінуючі критерії при виборі ламп споживачами: вони розглядаються тільки разом з якістю світла, зокрема, певною корельованою колірною температурою (ККТ) і індексом кольоропередачі (R_a). Домінуючою вимогою стосовно якості світла є відхилення координат колірності (x, y) від номінальних їх значень для даної ККТ в межах 3-ступеневих еліпсів Мак-Адама. Ступень Мак-Адама – це відстань на хроматичній діаграмі, в межах якої середньостатистичне людське око не розрізняє відмінностей у відтінках кольору. Розмір еліпсу Мак-Адама визначається за кількістю одиниць стандартних відхилів кольору порівняння (СВКП) між центром еліпсу (координатами номінальної ККТ) і його межею. Область, в якій відстань між центрами і межею еліпсу дорівнює n -одиницям СВКП, називають також n -ступеневим еліпсом Мак-Адама [10–13].

Для освітлення магазинів і інтер'єрів споживачі хочуть мати СВД лампи і світильники з $R_a \geq 95$ (навіть при меншій світловій віддачі і вищій ціні).

В Україні споживачі поки що менш вимогливі до якості світла і взагалі мало інформовані про реальну якість ламп, що надходять на ринок.

3. Мета та задачі дослідження

Актуальність питання якості світла енергоекономічних ламп і недостатня вивченість питання відповідності комерційних зразків ламп, що надходять на ринок України, вимогам нормативних документів та задекларованим виробниками даним обумовлюють мету роботи, яка вирішується за допомогою наступних задач:

- дослідження відповідності початкових параметрів КЛЛ та СВД ламп для прямої заміни ламп розжарювання (перш за все світлових та колірних) рекомендаціям міжнародних стандартів та задекларованим даним;

- дослідження динаміки світлових та колірних параметрів КЛЛ та СВД ламп в процесі строку служби;
- оцінювання споживчих переваг та порівняння економічної ефективності КЛЛ та СВД ламп з урахуванням сучасних тарифів на ЕЕ, цін на лампи та досягнутого технічного рівня ламп.

4. Аналіз літературних даних

Функціональні вимоги, рівень енергоефективності та надійності КЛЛ в ЄС регламентується Директивою [14] (табл. 1).

Таблиця 1

Функціональні вимоги до КЛЛ

Функціональний параметр	Величина параметру
Коефіцієнт збереження придатних ламп після 6000 год.	$\geq 0,70$
Коефіцієнт збереження світлового потоку	Після 2000 год.: $\geq 88\%$ ($\geq 83\%$ щодо ламп з зовнішньою колбою) Після 6000 год.: $\geq 70\%$
Кількість циклів вмикання до відказу	\geq половина строку служби ламп, в год. ≥ 30000 , якщо час вмикання лампи $> 0,3$ с
Час вмикання	$< 1,5$ с, якщо $P < 10$ Вт $< 1,0$ с, якщо $P \geq 10$ Вт
Час розігріву лампи до 60 % номінального світлового потоку	< 40 с або < 100 с щодо ламп, що містять ртуть в амальгамній формі
Початковий рівень відказів	$\leq 2,0\%$ за 400 год.
УФ-випромінювання (A+B)	≤ 2 мВт/к/лм
УФ-випромінювання C	$\leq 0,01$ мВт/к/лм
Коефіцієнт потужності	$\geq 0,55$, якщо $P < 25$ Вт $\geq 0,90$, якщо $P \geq 25$ Вт
Загальний індекс кольоропередачі	≥ 80

Обов'язкових вимог до світлотехнічних та ресурсних параметрів КЛЛ в Україні поки що не встановлено. В ДСТУ 4270:2003 рекомендовані значення світлових віддач для КЛЛ різної потужності та колірності (табл. 2), а також значення індексів кольоропередачі для різних інтервалів ККТ (табл. 3).

Таблиця 2

Рекомендовані мінімальні значення початкової світлової віддачі КЛЛ

Колірна температура (без зовнішньої колби), К	Потужність лампи, Вт		Світлова віддача, лм/Вт
	від 5	до 9	
до 4500 вкл.	9	15	45
	15	25	55
	25	60	55
	5	9	36
від 4500 вкл.	9	15	44
	15	25	51
	25	60	55
	5	9	36

Таблиця 3

Рекомендовані мінімальні значення індексу кольоропередачі

Корельована колірна температура, К	Індекс кольоропередачі
2700–3000	80
3500–4200	79
5000–6500	77

Початковий світловий потік ламп після 100-годинного відпалу має бути не нижче 90 % номінального значення, а після 2000 годин горіння – не менше 80 % від початкового значення. Середня тривалість горіння ламп має бути не меншою 6000 год. Координати колірності мають бути в межах допусків на хроматичній діаграмі в межах 5-ти стандартних відхилень кольору порівняння від значення, вказаного виробником (5-ти ступеневого еліпсу Мак-Адама).

На міжнародному рівні вимоги до характеристик СВД ламп побутового призначення встановлені у Регламенті ЄС [14] та стандарті МЕК ІЕС 62612:2013. В Україні відповідний технічний регламент ще не впроваджений і вимоги до цих ламп регламентуються національним стандартом ДСТУ ІЕС/PAS 62612:2012 та Постановою КМУ [15].

Параметри призначення, які нормуються для СВД ламп для прямої заміни ЛР і які потрібно оцінювати шляхом вимірювання, встановлені в ДСТУ ІЕС/PAS 62612:2012: потужність, коефіцієнт потужності, світловий потік та його значення після 6000 год., світлова віддача, корельована колірна температура, початкові координати колірності та їх значення після 6000 год., початковий загальний індекс кольоропередачі та його значення після 6000 год., час виходу на номінальний режим (після запалювання).

Номінальна ККТ ламп згідно з ДСТУ ІЕС/PAS 62612:2012 має бути переважно із таких: 2700 К, 3000 К, 3500 К, 4000 К, 5000 К, 6500 К. Фактичні значення координат колірності (початкові та після 25 % номінальної тривалості горіння) не повинні потрапляти за межі допусків згідно з категорією, встановленою виробником. Кількість категорій ламп за точністю допусків для координат колірності вісім. Сім відповідають допускам в межах семи ступенів еліпсів Мак-Адама і восьма категорія (найнижча, 7+) допускає потрапляння координат колірності за межі сьомого ступеню.

Початковий індекс кольоропередачі R_a та його значення після 6000 год. горіння не повинен бути меншим, ніж номінальне значення, задеклароване виробником, мінус 3 та 5 одиниць відповідно ДСТУ ІЕС/PAS 62612:2012. Стандартами на освітлення в більшості випадків рекомендовано застосовувати лампи $R_a \geq 80$.

В Україні іще не достатньо накопичено статистичних даних щодо відповідності ламп рекомендаціям міжнародних стандартів, значення їх параметрів залежно від умов функціонування та в процесі строку служби і не

всі споживчі переваги СВД ламп в порівнянні з іншими групуваннями ламп відомі споживачам.

Незважаючи на широке застосування КЛЛ і СВД, деякі їх характеристики недостатньо вивчені. Зокрема, недостатньо інформації про динаміку світлових та колірних параметрів цих ламп в процесі строку служби та при різних режимах функціонування, хоч за останні час опубліковано цілий ряд наукових праць на цю тему [10–13]. Дана робота продовжує ці дослідження.

5. Матеріали та методи досліджень

Вимірювання світлових та колірних параметрів КЛЛ та СВД ламп проводили з використанням стандартних методик. Перед вимірюваннями початкових світлових та колірних параметрів КЛЛ відпалювали 100 год. Вимірювання параметрів проводили за допомогою спектрорадіометра з інтегруючою сферою 1 м відповідно з вимогами ГОСТ 17616-82 та ГОСТ 23198-94 після 100 год., 1000 год. і далі через кожні 1000 год. до 6000 год.

Вимірювання світлового потоку СВД ламп проводили у відповідності з: ІЕС 127:2007 та ДСТУ ІЕС/PAS 62612:2012, колірних параметрів – згідно з ГОСТ 23198-94, прогнозування спаду світлового потоку та оцінювання ресурсних характеристик – згідно з рекомендаціями ДСТУ ІЕС/PAS 62612:2012 та ДСТУ-П ІЕС/PAS 62717:2014. Вимірювання параметрів СВД ламп здійснювали після 0, 100, 1000 год. і далі через кожні 1000 год. до 6000 год.

6. Результати досліджень

6.1. Результати дослідження КЛЛ. Результати дослідження світлових та колірних параметрів КЛЛ с процесі строку служби наведені в табл. 4 та на рис. 1–3.

Із отриманих результатів видно, що незважаючи на те, що світлова віддача і стабільність світлового потоку (коефіцієнт збереження світлового потоку) досліджених ламп в основному відповідають вимогам ДСТУ 4270:2003, ці параметри не повністю відповідають сучасним європейським нормативам, встановленим в [14], за стабільністю світлового потоку, як після 2, так і після 6000 годин. Причому, спад світлового потоку збільшується зі збільшенням потужності лампи. Координати колірності в процесі строку служби також змінюються (рис. 1–3) і можуть виходити за межі нормованих допусків.

Таблиця 4

Параметри досліджених КЛЛ та їх динаміка в процесі строку служби

Номер партії	Номінальна потужність, P , Вт	Початкова світлова віддача, η , лм/Вт	Коефіцієнт збереження світлового потоку, %		Номінальна колірна температура, $T_{\text{кол}}$, К	Відхилення координат колірності (x, y) від номінальних значень (номер ступені еліпса Γ Мак-Адама)		Загальний індекс кольоропередачі (R_a), відн. один.	
			2000 год.	6000 год.		100 год.	6000 год.	100 год.	6000 год.
1	13	43,7	89,8	76,0	2700	4	5	81,7	82,5
2	15	62,1	81,9	73,5	4000	2	4	83,4	81,6
3	20	67,9	90,1	77,5	4000	3	4	84,2	84,0
4	30	73,7	80,2	72,3	4000	2	3	81,9	81,5
5	55	68,6	83,1	69,1	6500	3	9	82,4	81,0
6	85	63,1	78,7	62,0	6500	4	13	84,3	83,2

При цьому колірна температура КЛЛ в процесі строку служби дещо знижується, причому зниження більш суттєве для ламп з високою колірною температурою і для потужних КЛЛ. Наприклад, для ламп потужністю 20–32 Вт з номінальною колірною температурою 4000 К за 6000 год. відбувається зниження $T_{\text{кол}}$ приблизно на 100–300 К, а для ламп потужністю 55 та 85 Вт з номінальною колірною температурою 6500 К – на 600–900 К. Зниження колірної температури можна пояснити більш високою стабільністю люмінофору, який випромінює в червоній області спектру в порівнянні з люмінофорами, які випромінюються в зеленій та синій областях.

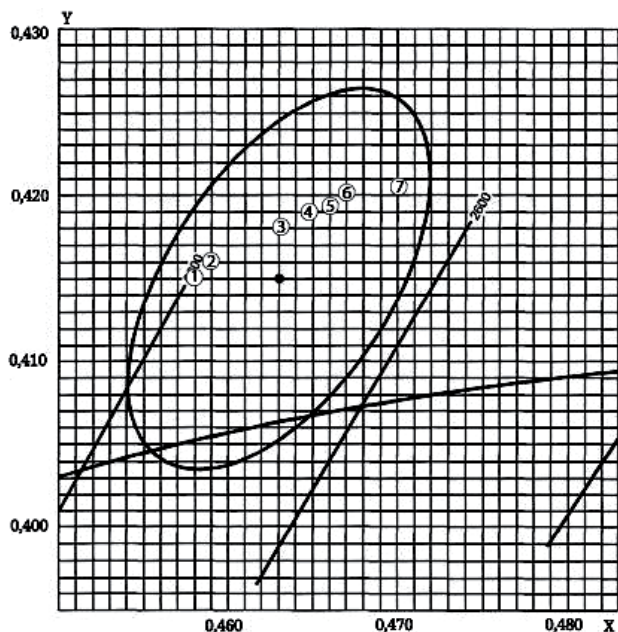


Рис. 1. Зміна координат колірності в процесі строку служби КЛЛ потужністю 15 Вт, $T_{\text{кол}} = 2700$ К: 1 — 0 год.; 2 — 100 год.; 3 — 1000 год.; 4 — 2000 год.; 5 — 3000 год.; 6 — 4000 год.; 7 — 6000 год.

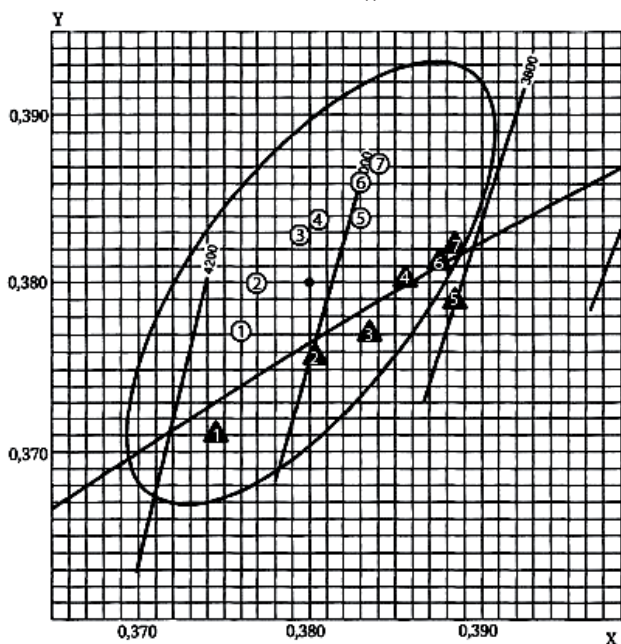


Рис. 2. Зміна координат колірності в процесі строку служби КЛЛ з $T_{\text{кол}} = 4000$ К: \blacktriangle — 20 Вт, \bullet — 32 Вт; 1 — 0 год.; 2 — 100 год.; 3 — 1000 год.; 4 — 2000 год.; 5 — 3000 год.; 6 — 4000 год.; 7 — 5000 год.

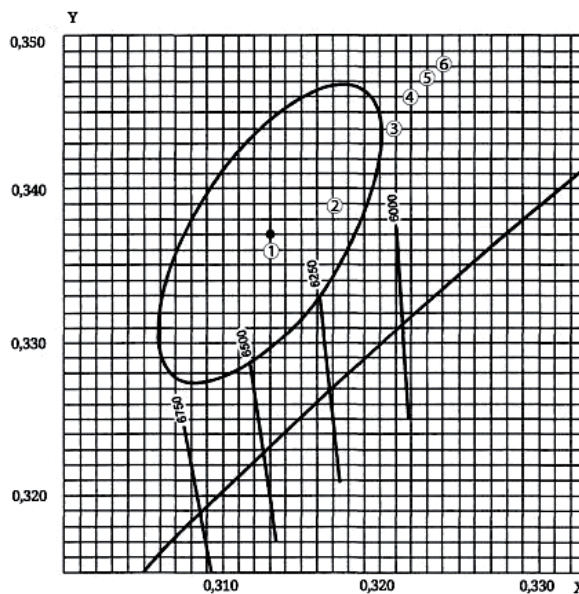


Рис. 3. Зміна координат колірності в процесі строку служби КЛЛ потужністю 55 Вт, $T_{\text{кол}} = 500$ К: 1 — 0 год.; 2 — 100 год.; 3 — 1000 год.; 4 — 2000 год.; 5 — 3000 год.; 6 — 4000 год.

Загальний індекс кольоропередачі R_a в процесі строку служби практично не змінюється і відповідає встановленим вимогам у всіх досліджуваних партіях.

Слід також відзначити, що досліджені КЛЛ потужністю більше, ніж 20 Вт, мали низький коефіцієнт потужності – нижчий 0,6 при нормі не нижче 0,9, а також нижчий нормованого коефіцієнта збереження придатних для використання ламп після 6000 год. горіння (згідно з ДСТУ 4270:2003) – він має бути не менше 70 %.

6.2. Результати досліджень СВД ламп. Основні результати дослідження СВД ламп наведені у табл. 5 та на рис. 4, 5.

Початковий світловий потік ламп згідно ДСТУ ІЕС/PAS 62612:2012 має бути не меншим 90 % задекларованого номінального значення. Із досліджених ламп тільки партії 3 та 5 відповідають цій вимозі. В інших чотирьох партіях задекларовані параметри перевищують фактичні більше, ніж на 10 %.

Світлова віддача ламп згідно ДСТУ ІЕС/PAS 62612:2012 в 2013 р. мала бути не менше 60 лм/Вт для колірних температур 2700–3500 К і не менше 70 лм/Вт для колірних температур 4000–5000 К.

Лампи всіх досліджених партій відповідають цим вимогам (табл. 5). Фактичне значення стабільності світлового потоку має відповідати категорії, задекларованій виробником згідно ДСТУ ІЕС/PAS 62612:2012: категорія А – не більше 10 % за 6000 год.; категорія В – не більше 20 %; для категорії С – не більше 30 %. Як видно із табл. 5 всі лампи із шести партій мають спад світлового потоку за 6000 год. менше 10 %, але виробники цей показник не декларують.

Виробництво світлодіодів з відхилом колірних параметрів від номінальних значень для кожної стандартизованої ККТ, які не перевищують межі 3-х ступенів, уже досягнуто багатьма провідними виробниками СВД. На український ринок надходять світлодіодні світильники і лампи, в яких в більшості випадків використовуються світлодіоди і СВД модулі китайського виробництва не з такими жорсткими допусками, тому для споживачів представляє інтерес інформація про реальну картину колірних параметрів продукції.

Таблиця 5

Початкові параметри СВД ламп та їх значення після 6000 год.

Номер партії	Номінальна потужність, Вт	Початкова світлова віддача, лм/Вт	Коефіцієнт збереження світлового потоку після 6000 год., %	Номінальне значення ККТ, К	Відхилення x, y від номінальних значень (номер ступені еліпса Мак-Адама)		Загальний індекс кольоропередачі, R_a	
					100 год.	6000 год.	100 год.	6000 год.
1	10	80,2	93,5	3000	4	4	80,6	81,0
2	10	70,5	97,7	2700	4	3	82,3	82,1
3	10	86,0	94,0	5000	6	6	81,8	82,4
4	6	69,0	97,1	2700	4	4	82,1	81,6
5	12	83,7	98,9	4000	3	3	84,8	84,4
6	12	79,3	93,1	3000	7	7	80,8	80,5

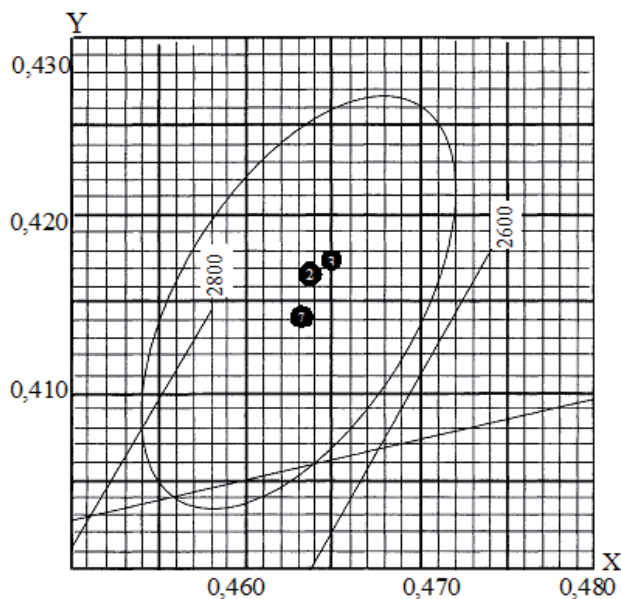


Рис. 4. Координати колірності СВД ламп $T_{\text{пол}} = 2700$ К після: 1 — 100 год.; 2 — 3000 год.; 3 — 6000 год. горіння

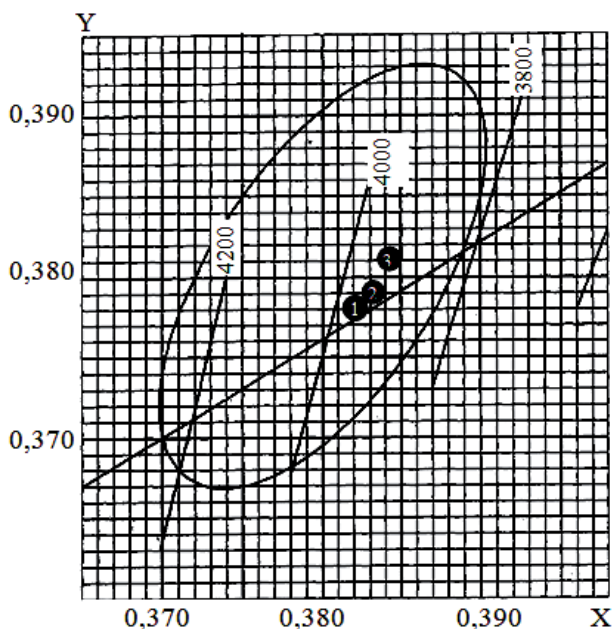


Рис. 5. Координати колірності СВД ламп $T_{\text{пол}} = 4000$ К після: 1 — 100 год.; 2 — 3000 год.; 3 — 6000 год. горіння

Для досліджених зразків ламп партій 1, 2 і 5 відхилення координат колірності від номінальних значень не перевищує 4 ступенів еліпсів Мак-Адама (категорія 4); для партії 4 — категорія 5; для партії 3 — категорія 6; а в партії 6 координати колірності вийшли за межі 7-ступеневого еліпса (8 категорія). При цьому для ламп всіх партій відхилення координат колірності від номінальних значень після 6000 год. горіння залишались, в основному, на тому ж рівні, що й початкові або змінюється на 1 ступінь (табл. 5, рис. 4, 5). Зміна колірної температури в процесі горіння для досліджених партій ламп в порівнянні з КЛЛ є також несуттєвою — не перевищує 100 К за 6000 год. Слід також зауважити, що для досліджених партій виробники вказують лише колірну температуру, а категорію допусків на координати колірності не вказують, що не дозволяє оцінити їх відповідність за цим параметром.

Для всіх досліджених партій R_a відповідає задекларованим вимогам. В процесі строку служби (до 6000 год.) R_a залишався без змін або знижувався не більше, як на одиницю.

Б.3. Порівняння ефективності КЛЛ та СВД ламп. Одним із методів оцінки ефективності є оцінка вартості світлової енергії, яка генерується тим чи іншим джерелом світла протягом всього терміну його горіння. Це більш об'єктивна оцінка ефективності, ніж вартість одиниці світлового потоку (грн./лм), яка часто зустрічається сьогодні в публікаціях при оцінці ефективності СВД ламп. При оцінці вартості одиниці світлової енергії потрібно враховувати тривалість горіння, стабільність світлового потоку, вартість утилізації та інші параметри. Спрощено вартість світлової енергії можна розрахувати за виразом [16]:

$$C_{CE} = \frac{1}{\eta_{\text{ср}}} \left[q + \frac{A + B_{\text{ут}}}{P \cdot \tau_k} \right], \quad (1)$$

де C_{CE} — вартість одиниці світлової енергії, грн./Млм · год.; $\eta_{\text{ср}}$ — середня світлова віддача джерела світла за термін роботи, лм/Вт; $P_{\text{вст}}$ — загальна встановлена потужність освітлювальної установки, Вт; τ_k — корисний термін горіння, год.; A — вартість джерела світла, грн.; q — тариф на електроенергію, грн./кВт · год.; P — потужність джерела світла, Вт; $B_{\text{ут}}$ — вартість утилізації ртутних розрядних ламп (приблизно становить 7–11 грн.).

Авторами статті розрахована вартість світлової енергії при генеруванні її побутовими освітлюваними установ-

ками (ОУ) з ЛР, КЛЛ та СВД лампами. Результати розрахунків приведені в табл. 6.

Таблиця 6

Середня вартість світлової енергії, яка генерується різними джерелами світла

Тип джерела світла	Середня світлова віддача (R_{cp}), лм/Вт	Середня тривалість роботи, (τ_k), год.	Ціна лампи, (q), грн. (на березень 2013 р.)	Тариф на електроенергію, грн./Вт·год. (на квітень 2016 р.)	Ціна світлової енергії (C_{CE}), грн./Млм·год
ЛР	11	1000	6,0	0,00099	95,45
КЛЛ	50	10000	55	0,00099	26,00
СВД лампи	70	24000	100	0,00099	18,90

При оцінці ефективності враховувалась стабільність світлового потоку ламп (світлової віддачі) для ЛР $\eta_{cp} = 0,8\eta_{поч}$, для КЛЛ — 0,75, для СВД ламп — $0,85\eta_{поч}$.

Вартість світлової енергії розраховувалась для роботи ламп при температурі навколишнього середовища 20 °С, напрузі живлення 220 В. Ціни на лампи відповідають середнім роздрібним цінам в Україні 2016 р. Вартість утилізації КЛЛ приймалася 7 грн. Що стосується строку служби, то дані для ЛР та КЛЛ взяті за результатами випробувань, причому для КЛЛ — за результатами випробувань стабільності світлового потоку (зменшення світлового потоку до 50 % від початкового). Строк служби СВД ламп і стабільність їх світлового потоку оцінені за випробуваннями до 6000 год. Як видно із табл. 6 при використанні СВД ламп собівартість світлової енергії є найнижчою. Вона в порівнянні з КЛЛ менша приблизно в 1,3 рази, а в порівнянні з ЛР — в 5 разів.

7. SWOT-аналіз результатів дослідження

Порівнюючи параметри комерційних зразків КЛЛ та СВД ламп необхідно відзначити наступне:

1. Початкова світлова віддача (на початок 2013 р.) у СВД ламп вища у порівнянні з КЛЛ приблизно на 15 %.

2. Стабільність світлового потоку (коефіцієнт збереження світлового потоку) в процесі строку служби (до 6000 год.) у СВД ламп перевищує цей показник для КЛЛ приблизно на 20–25 %.

3. Початкові значення кольорних параметрів (відхилення координат кольорності від номінальних значень для заданої кольорної температури та загальний індекс кольоропередачі Ra) для КЛЛ та СВД ламп знаходяться приблизно на однаковому рівні. Але в процесі строку служби координати кольорності КЛЛ змінюються більш суттєво, ніж в СВД ламп. За 6000 год. горіння відхилення від початкових значень для СВД ламп не перевищує однієї ступені еліпсів Мак Адама, а для КЛЛ — 1–7. Індекс кольоропередачі в процесі строку служби як СВД, так і КЛЛ зменшується не суттєво — не більше ніж як на 2 одиниці за 6000 год.

4. За рахунок більш високих значень параметрів СВД — світлової віддачі, стабільності світлового потоку та середнього строку служби — навіть при більш високих цінах на СВД лампи в порівнянні з КЛЛ, вартість світлової енергії, яка ними генерується в 1,3 рази нижча,

ніж у КЛЛ. Тобто, при використанні СВД ламп протягом їх середнього строку служби буде спожито ЕЕ на освітлення в 1,3 рази менше, ніж при використанні КЛЛ.

5. Технології виробництва СВД та СВД ламп інтенсивно вдосконалюються. Сьогодні на ринок уже надходять ламп з світловою віддачею більше 90 лм/Вт і загальним індексом кольоропередачі $Ra > 90$. Розроблені і освоєні в серійному виробництві СВД лампи для заміни лампи розжарювання 100 Вт і більше. В зв'язку з цим представляє інтерес інформація про характеристики нової продукції в процесі строку служби. Такі дослідження доцільно провести для більш тривалого періоду горіння, так як виробниками декларуються строки служби 30000–50000 год. горіння.

8. Висновки

1. Початкові значення світлових та кольорних параметрів КЛЛ в основному відповідають вимогам чинних в Україні нормативних документів, але не повністю відповідають вимогам Регламенту ЄС стосовно їх стабільності в процесі строку служби. Досліджені партії КЛЛ мають коефіцієнти збереження світлового потоку після 6000 год. в межах 77,5–62 %, зміна кольорності в процесі строку служби для окремих партій перевищує допуск 5-ти ступеневому еліпсу Мак Адама (для КЛЛ потужність 55–85 Вт).

2. Світлодіодні лампи, які надходять на ринок України, мають більш високі, в порівнянні з КЛЛ, початкові світлові параметри і стабільність в процесі строку служби. Коефіцієнти збереження світлового потоку після 6000 год. знаходяться в межах 99–93 %. Стабільність кольорних параметрів СВД ламп в процесі строку служби також вища в порівнянні з КЛЛ. Відхилення координат кольорності після 6000 год. не перевищують 1 ступеню еліпсів Мак-Адама. В каталогах і на упаковці виробниками не вказані категорії за спадом світлового потоку і допусками на кольорні параметри, що не дозволяє оцінити їх відповідність за цими показниками.

3. Порівнюючи техніко-економічні характеристики КЛЛ і СВД ламп, необхідно відзначити, що на даний час СВД лампи мають споживчі переваги перед КЛЛ за наступними показниками: строку служби, світлової віддачі, стабільності світлового потоку та кольорних параметрів в процесі строку служби. СВД лампи поступаються КЛЛ лише цінами. Вартість світлової енергії, яка генерується СВД лампами (при сучасних тарифах на ЕЕ та цінах на лампи в Україні) нижча в порівнянні з КЛЛ приблизно в 1,3 рази.

Література

- Анатасиу, Б. Тенденции и политика по сокращению расхода энергии на освещение в ЭС [Текст] / Б. Анатасиу, П. Бертольди // Светотехника. — 2010. — № 3. — С. 25–29.
- Айзенберг, Ю. Энергоснабжение и техническая политика в области освещения [Текст] / Ю. Айзенберг // Светотехника. — 2005. — № 6. — С. 4–9.
- Гюлер, Ё. Исследование компактных люминесцентных ламп с учетом мнений потребителей [Текст] / Ё. Гюлер, Е. Еркин, С. Онайгил // Светотехника. — 2008. — № 3. — С. 40–43.
- Бодарт, М. Характеристика компактных люминесцентных ламп со встроенными пускорегулирующими аппаратами и их сравнение с лампами накаливания [Текст] / М. Бодарт, А. Денейер, А. Кеппенс и др. // Светотехника. — 2010. — № 2. — С. 13–21.

5. Гранда, К. Компактні люмінесцентні лампи в США — обзор рынка и технического уровня [Текст] / К. Гранда // Светотехника. — 2009. — № 6. — С. 49–58.
6. Нечаев, В. В. Перспективы развития рынка КЛЛ и восприятие потребителями их брендов, представленных на рынке [Текст] / В. В. Нечаев, А. И. Чиркова // Светотехника. — 2010. — № 6. — С. 50–52.
7. Басова, Ю. О. Дослідження світлотехнічних параметрів та надійності компактних люмінесцентних ламп різних торговельних марок [Текст] / Ю. О. Басова, Г. М. Кожушко // Товарознавчий вісник. — 2009. — № 1. — С. 22–32.
8. Кожушко, Г. Дослідження параметрів і характеристик компактних люмінесцентних ламп та світлодіодних ламп для прямої заміни ламп розжарювання [Текст] / Г. Кожушко, Ю. Басова, В. Сорокін, А. Рибалочка // Світлолюкс. — 2013. — № 1. — С. 30–36.
9. Моисеев, Л. В. Обзор современных светодиодных технологий источников света для общего освещения [Текст] / Л. В. Моисеев, М. А. Одноблюдов // Светотехника. — № 1–2. — 2014. — С. 119–125.
10. Lopez, M. Aging of photometric and colorimetric quantities of high-power light-emitting diodes [Text] / M. Lopez, M. Lindemann, N. Betzhold, M. D mmig, A. Sperling // Conference with Special Emphasis on LEDs and Solid State Lighting, Budapest, 27–29 Mai 2009. — Available at: \www/URL: http://www.cie.co.at/index.php/Publications/index.php?i_ca_id=719
11. Тэтри, Э. Характеристики ламп для прямой замены ламп накаливания [Текст] / Э. Тэтри // Светотехника. — 2015. — № 3. — С. 37–41.
12. Кожушко, Г. М. Динаміка світлових та колірних характеристик компактних люмінесцентних ламп в процесі строку служби та залежно від напруги живлення [Текст] / Г. М. Кожушко, Ю. О. Басова // Комунальне господарство міст. — 2015. — Вип. 119(1). — С. 12–17.
13. Сорокін, В. М. Дослідження параметрів світлодіодних ламп для прямої заміни ламп розжарювання [Текст] / В. М. Сорокін, Г. М. Кожушко, Ю. О. Басова, А. В. Рибалочка // Матеріали 3-ї Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Сучасне матеріалознавство та товарознавство: теорія, практика, освіта», м. Полтава, 25–26 березня 2016 р. — Полтава: ПУЕТ, 2016. — С. 148–155.
14. Directive 2005/32/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for non-directional household lamps [Electronic resource]: COMMISSION REGULATION (EC) № 244/2009 of 18 March 2009 // Official Journal of the European Union. — 24.03.2009. — L 76/3. — Available at: \www/URL: http://gisee.ru/upload/244-2009.pdf
15. Про затвердження вимог до світлодіодних світлотехнічних пристроїв та електричних ламп, що використовуються в мережах змінного струму з метою освітлення [Електронний ресурс]: Постанова Кабінету Міністрів України від 15.10.2012 № 992. — Режим доступу: \www/URL: http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/992-2012-п. — 10.03.2016.
16. Сорокін, В. Екологічна та економічна оцінка енергоекономічних ламп побутового призначення [Текст] / В. Сорокін, А. Рибалочка, Г. Кожушко, Ю. Басова // Світлолюкс. — 2013. — № 3. — С. 16–21.

СРАВНЕНИЕ ДИНАМИКИ СВЕТОВЫХ И ЦВЕТОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПАКТНЫХ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ И СВЕТОДИОДНЫХ ЛАМП В ПРОЦЕССЕ СРОКА СЛУЖБЫ

Представлены результаты сравнительных исследования световых и цветовых характеристик компактных люминесцентных и светодиодных ламп в процессе срока службы. Показано, что коммерческие образцы светодиодных ламп, которые поступают на рынок Украины, имеют преимущество перед КЛЛ по сроку службы, световой отдаче, стабильности световых и цветовых параметров в процессе срока службы.

Ключевые слова: компактная люминесцентная лампа, светодиодные лампы, световая отдача, цветовая температура, координаты цветности, срок службы.

Кожушко Григорій Мефодійович, доктор технічних наук, професор, кафедра товарознавства непродовольчих товарів, Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі», Україна.

Басова Юлія Олександрівна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра товарознавства непродовольчих товарів, Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі», Україна.

Губа Людмила Миколаївна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра товарознавства непродовольчих товарів, Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі», Україна, e-mail: lyudmika@gmail.com.

Кожушко Григорій Мефодіевич, доктор технических наук, профессор, кафедра товароведения непродовольственных товаров, Высшее учебное заведение Укоопсоюза «Полтавский университет экономики и торговли», Украина.

Басова Юлия Александровна, кандидат технических наук, доцент, кафедра товароведения непродовольственных товаров, Высшее учебное заведение Укоопсоюза «Полтавский университет экономики и торговли», Украина.

Губа Людмила Николаевна, кандидат технических наук, доцент, кафедра товароведения непродовольственных товаров, Высшее учебное заведение Укоопсоюза «Полтавский университет экономики и торговли», Украина.

Kozhushko Gregory, Poltava University of Economics and Trade, Ukraine.

Basova Yulia, Poltava University of Economics and Trade, Ukraine.

Guba Ludmila, Poltava University of Economics and Trade, Ukraine, e-mail: lyudmika@gmail.com