

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК СВІТЛОДІОДНИХ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА

Маркіян Гошко¹, к. т. н., Тетяна Гошко², к. е. н., Іван Дробот¹, ст. викладач

¹Львівський національний університет природокористування,
вул. Володимира Великого, 1, м. Дубляни, Львівський р-н, Львівська обл., Україна,
e-mail: m121314@ukr.net;

²Національний університет «Львівська Політехніка»,
вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, Львівська обл., Україна,
e-mail: tetiana.d.hoshko@lpnu.ua

<https://doi.org/10.32718/agroengineering2025.29.70-78>

Гошко М., Гошко Т., Дробот І. Дослідження характеристик світлодіодних джерел світла

Досягнення у галузі фізики напівпровідників, оптики й оптоелектроніки за останні 10–15 років дозволили створити джерела світла з енергетичною ефективністю в 4–10 разів та тривалістю горіння у 30–100 разів більшою порівняно з лампами розжарювання. До таких джерел світла відносять твердотілі світлодіоди (СД). Про переваги СД та прогнози їхнього розвитку на перспективу останнім часом у світлотехнічних виданнях опубліковано надзвичайно багато матеріалів. Наші багаторічні дослідження показали, що в багатьох випадках задекларовані виробником характеристики не відповідають реальним значенням. Тому було сформульоване завдання дослідити реальні характеристики наявних сьогодні на ринку України світлодіодних ламп і відповідно обрати найефективніші з них.

Розглянуто питання дослідження характеристик сучасних джерел світла на прикладі СВД ламп. Досліджено світлодіодні лампи LED A60 10W, IEK A60 11W, Horoz Electric 10W, Eurolamp 9W, HOPFEN 10W, TECHLAMP 10W, Emilight 11W, OSRAM 10,5W, LEBRON LED 10W та Light Master 11W на відповідність задекларованих світлотехнічних та електротехнічних параметрів, а також з метою порівняльного аналізу наявних на ринку України (на січень 2025 року).

Досліди були проведені на кафедрі електротехнічних систем на базі лабораторії електроосвітлення.

У ході експериментів досліджено параметри: освітленість залежно від напруги живлення, рівень пульсацій світлодіодних ламп залежно від напруги живлення, температурний режим світлодіодних ламп залежно від напруги живлення, залежність споживаної потужності світлодіодних ламп від напруги живлення, світловіддачу LED-ламп залежно від напруги живлення. За результатами дослідів був проведений аналіз за вказаними параметрами і сформовані висновки та пропозиції.

Ключові слова: світлодіодні лампи, освітленість, рівень пульсацій світлодіодних ламп, температурний режим, світловіддача LED-ламп.

Hoshko M., Hoshko T., Drobot I. Research on the characteristics of LED light sources

Advances in semiconductor physics, optics, and optoelectronics over the past 10 to 15 years have enabled the development of light sources that are 4 to 10 times more energy-efficient and have a lifespan 30 to 100 times longer than traditional incandescent lamps. One significant type of these light sources is solid-state LEDs. Recently, numerous articles have been published in lighting journals discussing the advantages of LEDs and predicting their future developments. However, our extensive research has indicated that, in many cases, the performance characteristics claimed by manufacturers do not match the actual values. This led us to investigate the true characteristics of LED lamps currently available on the Ukrainian market, to identify the most effective options.

This study focuses on the characteristics of modern light sources, using LED lamps as an example. We examined several brands, including LED A60 10W, IEK A60 11W, Horoz Electric 10W, Eurolamp 9W, HOPFEN 10W, TECHLAMP 10W, Emilight 11W, OSRAM 10.5W, LEBRON LED 10W, and Light Master 11W, to evaluate their compliance with declared lighting and electrical parameters. The analysis was conducted using products available in the Lviv market as of June 2025.

The experiments took place at the Department of Electrical Engineering Systems within the Electric Lighting Laboratory.

Several parameters were investigated, including illumination levels based on the supply voltage, the pulsation levels of the LED lamps in relation to the supply voltage, the temperature conditions of the lamps with regard to the supply voltage, power consumption relative to the supply voltage, and the light output of the LED lamps concerning the supply voltage.

Following the experiments, we analyzed the results according to the above parameters and formulated conclusions and recommendations based on our findings.

Keywords: LED lamps, illumination, pulsation level of LED lamps, temperature regime, light output of LED lamps.

Постановка проблеми. Досягнення в галузі фізики напівпровідників, оптики й оптоелектроніки за останні 10–15 років дозволили створити джерела світла з енергетичною ефективністю в 4–10 разів та

тривалістю горіння в 30–100 разів більшою порівняно з лампами розжарювання. До таких джерел світла відносять твердотілі світлодіоди (СД). Про переваги СД та прогнози їхнього

розвитку на перспективу останнім часом у світлотехнічних виданнях опубліковано надзвичайно багато матеріалів. Наші багаторічні дослідження показали, що в багатьох випадках задекларовані виробником характеристики не відповідають реальним значенням. Тому було сформульоване завдання дослідити реальні характеристики, наявних в даний момент на ринку України, світлодіодних ламп і відповідно вибрати найефективніші з них.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Сучасні світлодіоди характерні високою енергоефективністю, що робить їх одними з найбільш перспективних джерел світла в багатьох галузях [2; 4; 10]. Світлодіоди часто об'єднують у світлодіодні модулі, які є ключовими компонентами нових освітлювальних систем, що забезпечують високу ефективність, стабільність і надійність роботи в різних сферах застосування – від побутового до автомобільного та промислового освітлення. Світлодіодні модулі складаються з одного або декількох світлодіодів [3; 8], розміщених на загальній підкладці з інтегрованими елементами тепловідведення, а часто і з додатковими компонентами, такими як резистори, що обмежують струм, оптичні елементи та системи керування. Такий підхід дозволяє рівномірно розподілити тепло, покращуючи тепловий режим роботи світлодіодів, знижуючи ризик перегріву та збільшуючи довговічність. Крім того, об'єднання світлодіодів у модуль дозволяє ефективніше керувати розподілом світла та досягати оптимальних оптичних характеристик.

Світлодіодні модулі можна інтегрувати в різні конструкції з покращеним тепловідведенням та оптимізованими оптичними характеристиками. Вони можуть бути розроблені для специфічних застосувань, забезпечуючи потрібний рівень яскравості, колірної температури та напрямку світлового потоку [5; 6; 7; 9]. Це робить їх надзвичайно

гнучкими для використання в різноманітних умовах та середовищах.

Необхідно дослідити дійсні параметри світлодіодних ламп (заявлені часто не відповідають дійсності), наявних на ринку. На основі таких досліджень сформулювати рекомендації щодо вибору та компонування ламп.

Постановка завдання. Наше завдання – проаналізувати реальні характеристики наявних сьогодні на ринку України світлодіодних ламп і відповідно вибрати найефективніші з них, дослідивши такі параметри:

- освітленість залежно від напруги живлення;
- рівень пульсацій світлодіодних ламп залежно від напруги живлення;
- температурний режим світлодіодних ламп залежно від напруги живлення;
- залежність споживаної потужності світлодіодних ламп від напруги живлення;
- світловіддачу LED-ламп залежно від напруги живлення.

Виклад основного матеріалу. Досліджено характеристики сучасних джерел світла на прикладі СВД ламп. Ми досліджували світлодіодні лампи *LED A60 10W, IEK A60 11W, Horoz Electric 10W, Eurolamp 9W, HOPFEN 10W, TECHLAMP 10W, Emilight 11W, OSRAM 10,5W, LEBRON LED 10W* та *Light Master 11W* на відповідність задекларованих світлотехнічних та електротехнічних параметрів, а також із метою порівняльного аналізу наявних на ринку України (на січень 2025 року).

Досліди проводили на кафедрі електротехнічних систем на базі лабораторії електроосвітлення (табл., рис. 1–2) згідно зі стандартними методиками ДБН В.2.5.-28-2006 [1].

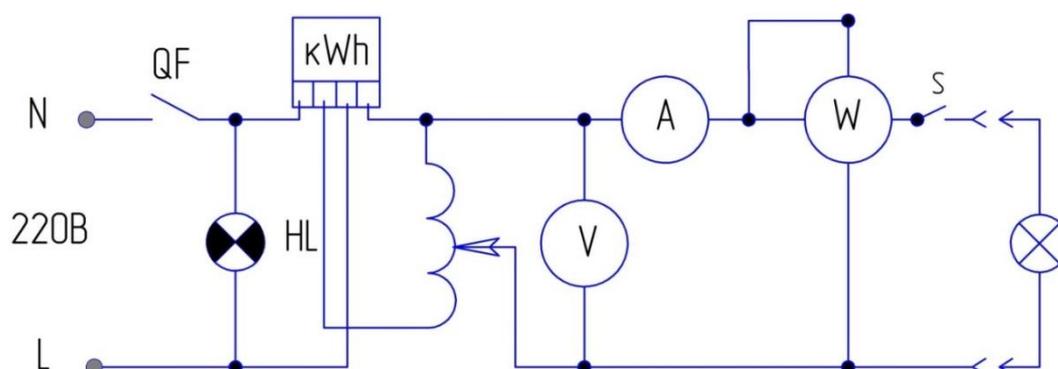


Рис. 1. Експериментальна схема дослідження лампи

Fig. 1. Experimental scheme for lamp research



Рис. 2. Загальний вигляд експериментального стенда

Fig. 2. General view of the experimental stand

Таблиця 1. Вимірювальні прилади

Table 1. Measuring devices

ПРИЛАД	МАРКА	РОБОЧИЙ ДІАПАЗОН	ПОХИБКА
АМПЕРМЕТР ЛАБОРАТОРНИЙ	Е 523	0 – 1 А	3%
ВОЛЬТМЕТР ЛАБОРАТОРНИЙ	Е 351	0 – 600 В	3%
ВАТМЕТР ЛАБОРАТОРНИЙ	Д 5004	0 – 1200 Вт	3%
ЛЮКСОМЕТР	Snakol SK-8201	0.5 – 300000 Lx	2%
ПІРОМЕТР	ANENG GM 550	-50 °С – 550 °С	2%
ПРИЛАД ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ПУЛЬСАЦІЇ	RADEX LUPIN	1 – 99 %	3%

Під час експериментів досліджено параметри:

- освітленість залежно від напруги живлення (вимірювалась люксометром);
- рівень пульсацій світлодіодних ламп залежно від напруги живлення (вимірювалась пульсометром);
- температурний режим світлодіодних ламп залежно від напруги живлення (вимірювалась пірометром);
- залежність споживаної потужності світлодіодних ламп від напруги живлення (вимірювалась ваттметром);
- світловіддачу LED-ламп залежно від напруги живлення.

Аналіз світлотехнічних характеристик світлодіодних ламп різних виробників показано на рис. 3–7.

Освітленість

На рис. 3 порівняно освітленість (лк) світлодіодних ламп, що мають схожі номінальні потужності – у межах 9–11 Вт, з одним винятком (PHILIPS 6,5 Вт). Метою дослідження було виявити залежність між виробником лампи та її фактичною

світловіддачею за однакової напруги живлення (U , В). Усі вимірювання освітленості проводили за однакових умов, що дозволяє порівнювати результати без впливу зовнішніх чинників.

Аналізуючи дані, бачимо, що середньостатистичне значення освітленості для більшості ламп коливається в межах 900–1200 лк. Найвищі показники демонструють моделі Emilight 11W, OSRAM 10.5W та IEK A60 11W – ці пристрої стабільно забезпечують освітленість понад 1200 лк за звичайної напруги. Висока світловіддача таких моделей свідчить про ефективну оптичну конструкцію, якісні світлодіоди та оптимізовану тепловіддачу, що не спричиняє деградації джерела світла в короткостроковій перспективі.

Водночас моделі, як-от PHILIPS 6,5W, демонструють значно нижчу освітленість – близько 650–785 лк. Цей результат можна пояснити меншою номінальною потужністю, а також, можливо, специфікою розподілу світлового потоку (наприклад, фокусування на вузький кут освітлення). Такі лампи більше підходять для локального освітлення або декоративних цілей, а не для загального освітлення приміщень.

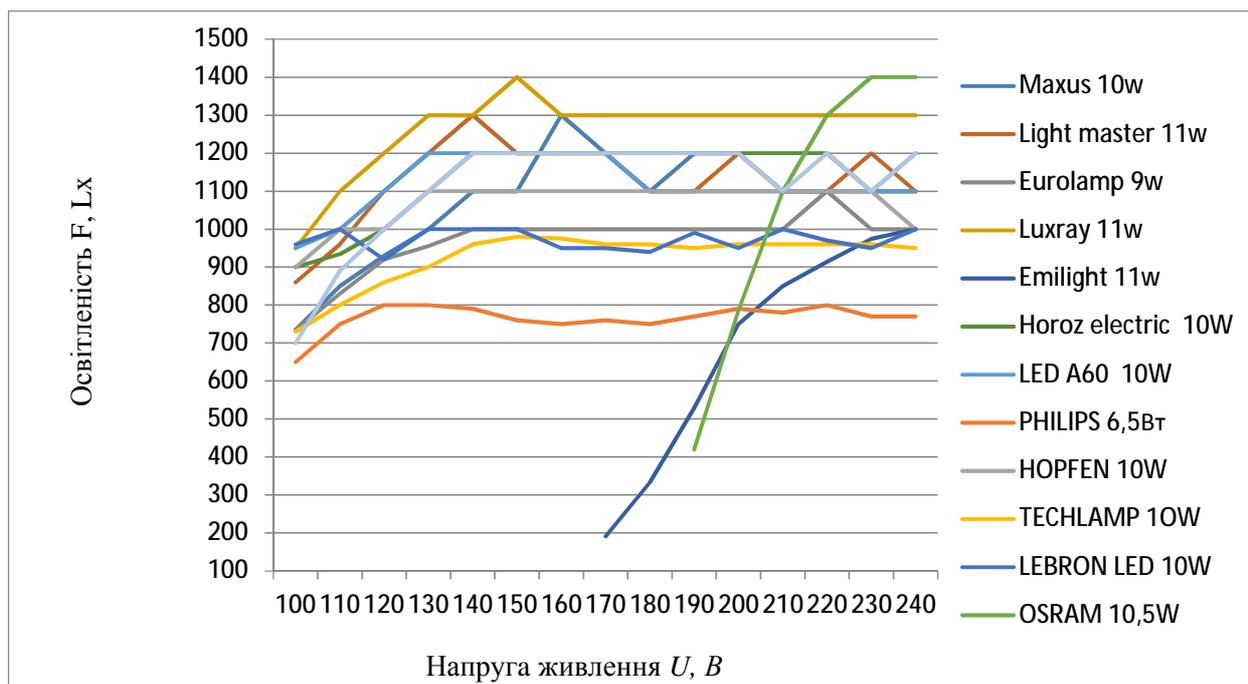


Рис. 3. Аналіз рівня освітленості світлодіодних ламп залежно від напруги живлення
Fig. 3. Analysis of the illumination level of LED lamps depending on the supply voltage

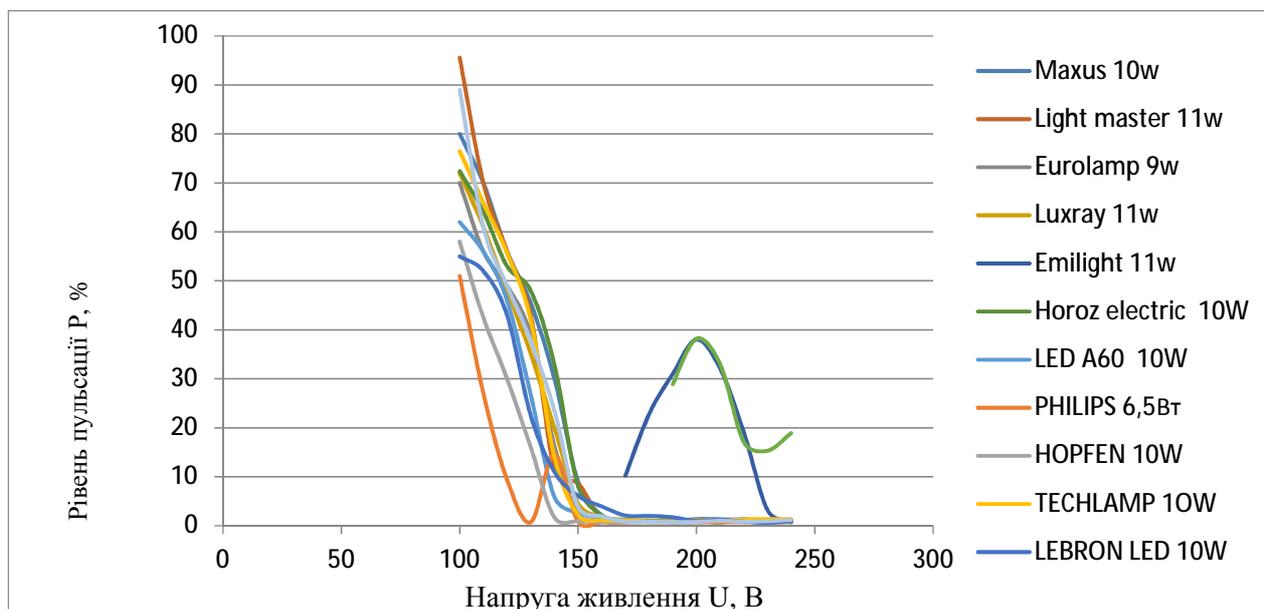


Рис. 4. Аналіз рівня пульсацій світлодіодних ламп залежно від напруги живлення
Fig. 4. Analysis of the pulsation level of LED lamps depending on the supply voltage

Також варто звернути увагу на моделі TECHLAMP 10W та LEBRON LED 10W, які при заявленій потужності демонструють помірну освітленість (від 730 до 990 лк), що ставить під питання ефективність перетворення електроенергії в світло. Можливо, у цих виробників використовується менш ефективна світлодіодна

технологія або відсутній якісний драйвер струму, що впливає на світлові характеристики.

Цікаво, що лампи з однаковими технічними характеристиками (наприклад, Maxus 10W та LED A60 10W) можуть демонструвати суттєво різні показники освітленості. Це вказує на те, що бренд і заявлена потужність – ще не гарантія ефективності.

Отож, при виборі освітлювального обладнання для побуту чи професійного використання важливо спиратися не лише на маркетингові заяви виробників, а й на емпіричні дані випробувань.

Загалом результати показують, що на ринку LED-ламп спостерігається суттєва варіативність у світлотехнічних характеристиках. Це створює передумови для подальших досліджень у напрямі стандартизації освітленості, аналізу енергоефективності та визначення оптимального співвідношення між ціною, якістю та функціональністю LED-джерел світла.

Аналіз рівня пульсації світлодіодних ламп залежно від напруги живлення

Порівняємо пульсації світлового потоку (% *P*) світлодіодних ламп тринадцяти виробників у діапазоні напруги від 100 до 240 В. Метою аналізу є виявлення технічних переваг окремих брендів, стабільності світлового потоку при змінній напрузі, а також відповідності нормам комфортного освітлення, згідно з якими допустимий рівень пульсації не повинен перевищувати 5 %.

Тенденції зміни пульсації

Більшість моделей демонструють загальну тенденцію до зниження рівня пульсації зі зростанням напруги живлення. Наприклад, лампа *LED A60 10W*, *IEK A60 11W*, *Horoz Electric 10W*, *Eurolamp 9W* та *HOPFEN 10W* має пульсацію 51 % при 100 В, але вже при 160 В вона становить лише 0,7 %, і тримається в межах 0,7–0,8 % при 180–240 В. Схожу поведінку мають *LED A60 10W*, *IEK A60 11W*, *Horoz Electric 10W*, *Eurolamp 9W* та *HOPFEN 10W*. Ці моделі демонструють значне падіння пульсації нижче 1 % вже при 150–160 В, що свідчить про якісну систему живлення з ефективною компенсацією імпульсів.

Лампа *IEK A60 11W*, зокрема, має пульсацію 89 % при 100 В, але вже при 160 В значення падає до 1,91 %, і продовжує зменшуватися до 0,83 % на 170 В. Це підтверджує наявність добре спроектованого драйвера, здатного стабілізувати струм за стандартного електроживлення.

Лампи з високим рівнем пульсації

Окремі моделі мають надмірно високі показники навіть за напруги понад 200 В. *Emilight 11W* зберігає пульсацію 38 % при 200 В, і лише при 240 В падає до 0,7 %. Модель *OSRAM 10,5W* стартує з високих значень, і попри поступове зниження, має пульсацію понад 18 % при 240 В – перевищення допустимого рівня більш ніж утричі.

Умовно придатні моделі

Лампи *TECHLAMP 10W*, *LEBRON LED 10W* та *Light Master 11W* демонструють перехідний характер: високі пульсації на старті (55–96 %), але

поступове зниження до 1–2 % на ділянці від 170 В і вище. За умови стабільного електроживлення їх можна розглядати як допустимі для використання в умовах меншої візуальної навантаженості.

Отже:

- Лампи брендів *PHILIPS*, *LED A60*, *IEK*, *Horoz Electric*, *Eurolamp*, *HOPFEN* забезпечують стабільно низьку пульсацію за звичайної напруги (220–240 В), що дозволяє рекомендувати їх для щоденного використання.

- Моделі *OSRAM*, *Emilight* мають підвищену пульсацію навіть на високій напрузі, що може негативно впливати на зорове сприйняття.

- Показники пульсації мають бути одним із ключових критеріїв при виборі лампи, особливо для освітлення робочих місць, навчальних закладів чи житлових приміщень.

Аналіз температурного режиму світлодіодних ламп залежно від напруги живлення

У межах експериментального дослідження виконано порівняльний аналіз температури корпусу світлодіодних ламп тринадцяти виробників при змінній напрузі живлення від 100 В до 240 В. Температура (*T*, °C), як один із критичних параметрів експлуатації світлодіодів, безпосередньо впливає на стабільність світлового потоку, термін служби елементів та ефективність тепловіддачі. Завищена температура може призвести до деградації кристалу, зниження яскравості, змін спектру випромінювання та передчасного виходу з ладу.

Загальні закономірності

Усі моделі демонструють очікуване зростання температури корпусу зі збільшенням напруги живлення. Найнижчі температурні значення фіксуються при 100 В (25–33 °C), найвищі – у діапазоні 220–240 В, де окремі лампи досягають понад 60 °C. Наприклад, *Light Master 11W* при 240 В має температуру 54 °C, *Luxray 11W* – 50,7 °C, *Emilight 11W* – 33,8 °C, а *Maxus 10W* – 40 °C.

Стабільне температурне зростання спостерігається в ламп *Eurolamp 9W*, *TECHLAMP 10W*, *LEBRON 10W* та *LED A60 10W* – у діапазоні від 25 °C до 45 °C, без різких стрибків. Це може свідчити про наявність ефективної системи тепловідведення: радіаторної конструкції, термостійких матеріалів або стабілізуючого драйвера.

Аномальні поведінкові особливості

Деякі моделі демонструють нетипові температурні скачки або зниження при зростанні напруги, що потребує додаткового дослідження. Наприклад, *OSRAM 10,5W* також має непостійний температурний профіль – при 190 В: лише 24,9 °C, тоді як при 220 В вже 42 °C, що вимагає додаткової перевірки на надійність внутрішніх компонентів.

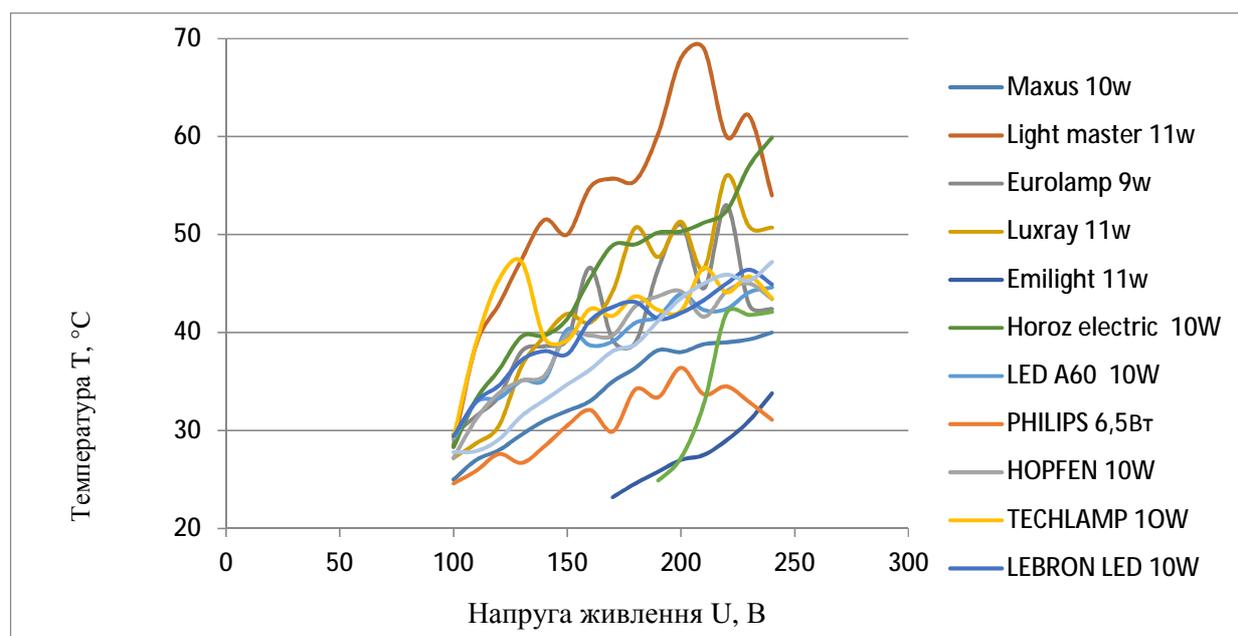


Рис. 5. Аналіз температурного режиму світлодіодних ламп залежно від напруги живлення
Fig. 5. Analysis of the temperature regime of LED lamps depending on the supply voltage

Надмірне нагрівання

Найвищі температурні значення у всьому діапазоні напруги фіксуються в ламп *Light Master 11W* (до 69 °C при 210 В) та *Luxray 11W* (56 °C при 220 В). Такі значення є критичними і можуть викликати швидку деградацію світлодіодного кристалу, зниження терміну служби, зміну світлових характеристик і навіть становити ризик перегріву в замкнених освітлювальних приладах. У таких випадках рекомендовано зовнішнє охолодження або використання у відкритих світильниках.

Отже:

- Найбільш стабільними за температурним режимом є моделі *LED A60*, *PHILIPS*, *Eurolamp*, *IEK*, *Horoz Electric*, *TECHLAMP*, *LEBRON*.

- Лампи *Light Master* та *Luxray* демонструють ризик перегріву, що варто враховувати при виборі для тривалого освітлення в замкнених просторах.

- Нестабільні температурні коливання *OSRAM* потребують додаткового тестування на предмет внутрішньої термічної стабільності.

Загалом температурний режим лампи є важливим параметром, який має враховуватись при проектуванні освітлювальних систем, особливо в умовах високих експлуатаційних навантажень. Дослідження відкриває перспективу стандартизації теплових характеристик світлодіодної продукції поряд із яскравістю та пульсацією.

Аналіз залежності споживаної потужності світлодіодних ламп від напруги живлення

Світлодіодні лампи є одними з найпоширеніших джерел штучного освітлення завдяки

своїй енергоефективності та довговічності. Одним із важливих параметрів, що впливає на їхню ефективність та стабільність роботи, є фактична споживана потужність при різній напрузі живлення. На рис. 6 наведено порівняння значень потужності (P, Вт) для моделей тринадцяти виробників у діапазоні напруги 100–240 В. Аналіз цієї залежності дозволяє оцінити якість драйверів струму, стабілізацію потужності та відповідність заявленим технічним характеристикам.

Основні закономірності

Більшість моделей демонструють поступове зростання споживаної потужності зі збільшенням напруги живлення. Це очікуване явище, однак варто звернути увагу на стабільність цього зростання, відсутність різких піків, а також відповідність значенням, заявленим виробником. Зокрема модель *Maxus 10W* стартує з 7,5 Вт при 100 В, і плавно досягає приблизно 16,8 Вт при 240 В. Аналогічну поведінку демонструють *LED A60 10W*, *Horoz Electric 10W*, *TECHLAMP 10W*, *LEBRON LED 10W*, *IEK A60 11W*, які мають стабільні профілі росту.

Модель *PHILIPS 6,5 Вт* має нижчі значення на всіх рівнях напруги, що відповідає її номінальній потужності. Водночас інші лампи – *Light Master 11W*, *Luxray 11W*, *Emilight 11W* – на середньому та високому рівнях напруги перевищують заявлені потужності на 20–40%, досягаючи 18–22 Вт при 240 В. Такий рівень відхилення може свідчити про відсутність обмеження споживаної потужності, а також можливе внутрішнє перевантаження компонентів, що знижує ефективність і ресурс лампи.

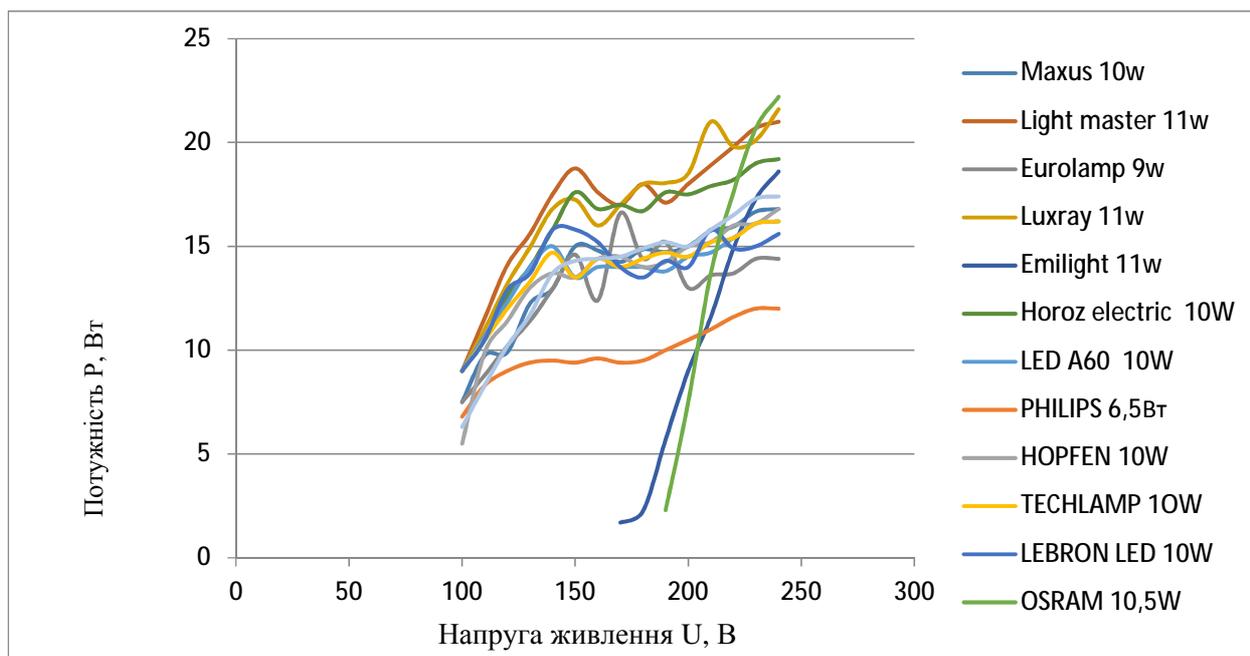


Рис. 6. Залежність повної споживаної потужності світлодіодних ламп від напруги живлення
Fig. 6. Dependence of the total power consumption of LED lamps on the supply voltage

Аномалії та нестабільність

Варто відзначити *Emilight*, яка при деяких значеннях напруги (наприклад, 170–200 В) має помітно нижчі значення потужності – до 1,7–9 Вт – при заявлених 11 Вт. Це може вказувати на вбудовану систему обмеження або нестабільне функціонування драйвера.

Отже:

- Більшість моделей демонструють очікуване зростання потужності, проте відхилення понад 30 % від номінальних значень потребують уваги.

- Лампи з вираженими піками або нестабільною поведінкою (*Light Master*, *Emilight*, *Luxray*) можуть спричинювати перегрів і зниження терміну служби.

- Моделі *Maxus*, *LED A60*, *Horoz*, *TECHLAMP*, *IEK*, *LEBRON* демонструють стабільність і можуть бути рекомендовані як надійні джерела світла.

Результати дослідження показують важливість тестування ламп не лише за світловими, а й за електричними параметрами, що впливає на безпеку та ефективність використання в побутових і промислових умовах.

Аналіз світловіддачі LED-ламп залежно від напруги живлення

Світловіддача – один із ключових показників ефективності світлодіодних ламп, що визначає, скільки світла виробляється на одиницю спожитої електроенергії. Цей параметр має принципове

значення для енергоощадності, екологічної безпеки та економічної ефективності систем освітлення. У межах дослідження проведено вимірювання світловіддачі 13 моделей LED-ламп при змінній напрузі живлення в діапазоні від 100 до 240 В. Порівняння дає змогу оцінити стабільність характеристик, придатність ламп до роботи в умовах нестабільної електромережі та відповідність заявленим параметрам.

Загальні закономірності

Аналіз показав, що більшість моделей мають максимальну світловіддачу при зниженій або стандартній напрузі (120–140 В). Наприклад, *Emilight 11W* при 180 В демонструє пікове значення – 148 лк/Вт, що є найвищим серед усіх протестованих зразків. Водночас при нижчих або вищих напругах цей показник значно зменшується (54–60 лк/Вт при 230–240 В), що свідчить про наявність чутливості драйвера лампи до коливань напруги.

Інші моделі, такі як *HOPFEN 10W*, *TECHLAMP 10W*, *PHILIPS 6,5W* та *LED A60 10W*, демонструють більш стабільну поведінку: їхня світловіддача змінюється в межах 60–85 лк/Вт без різких коливань при зміні напруги. Така поведінка свідчить про якісну стабілізацію напруги всередині корпусу лампи, що позитивно впливає на світлотехнічну надійність виробу. Деякі моделі мають незбалансовану світлову ефективність. Це може свідчити про нестабільність роботи драйвера, що не забезпечує оптимального перетворення електроенергії в світловий потік.

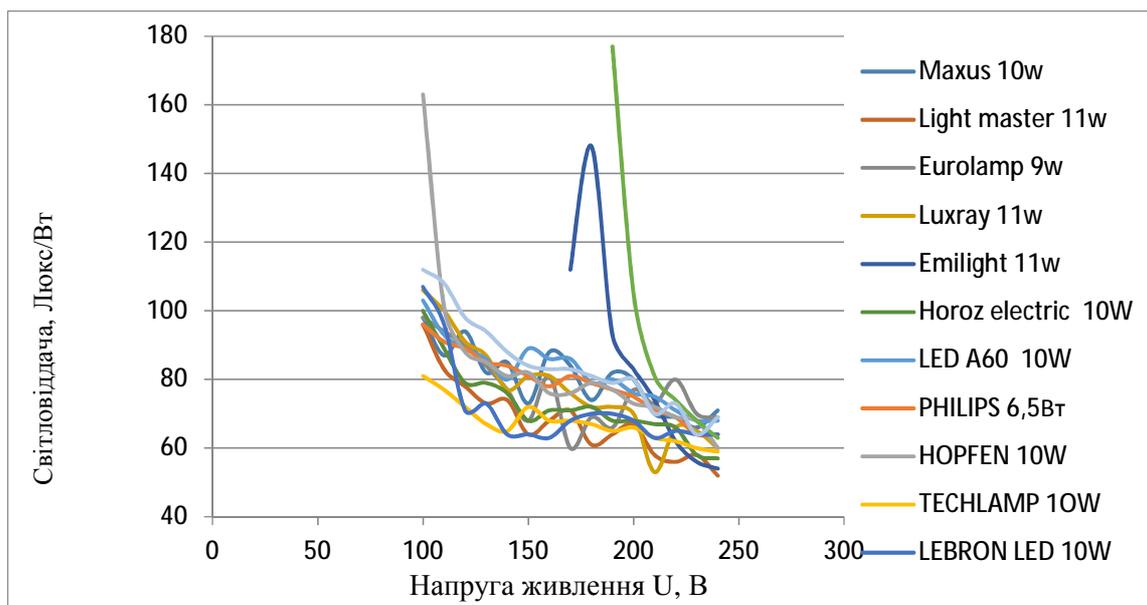


Рис. 7. Залежність світловіддачі LED-ламп від напруги живлення

Fig. 7. Dependence of light output of LED lamps on supply voltage

Отже:

- Найкращий результат продемонструвала *Emilight 11W* при 180 В, однак її світловіддача є нестабільною у ширшому діапазоні.

- Моделі *TECHLAMP*, *LED A60*, *HOPFEN*, *PHILIPS* мають більш рівномірну світловіддачу, що є ознакою високої стабільності.

- Моделі *Light Master*, *Luxray*, *LEBRON* виявляють нестабільну ефективність, тому їх слід використовувати з урахуванням стабільності напруги.

Результати демонструють важливість врахування параметра світловіддачі не лише при виборі лампи, а й за її використання у нестабільних енергосистемах. Подальші дослідження можуть охоплювати спектральні характеристики та часову деградацію світлового потоку.

Висновки

Досліджено характеристики сучасних джерел світла на прикладі СВД-ламп, зокрема *LED A60 10W*, *IEK A60 11W*, *Horoz Electric 10W*, *Eurolamp 9W*, *HOPFEN 10W*, *TECHLAMP 10W*, *Emilight 11W*, *OSRAM 10,5W*, *LEBRON LED 10W* та *Light Master 11W*, на відповідність задекларованих світлотехнічних та електротехнічних параметрів, а також з метою порівняльного аналізу наявних на ринку України (на січень 2025 року).

1. Ефективність освітлення (освітленість, лк)

Моделі *Emilight 11W*, *Luxray 11W*, *TECHLAMP 10W*, *LEBRON 10W* та *IEK A60 11W*

демонструють найвищу освітленість у діапазоні напруги 200–240 В – від 1200 до 1400 лк. Це свідчить про високу яскравість, ефективну оптичну конструкцію та добру якість світлодіодів. *PHILIPS 6,5 Вт* має стабільно нижчу освітленість (~700–800 лк), що є очікуваним з огляду на номінальну потужність.

2. Комфортність світла (пульсація, %)

Найбільш комфортні моделі – *PHILIPS*, *LED A60*, *Horoz*, *Eurolamp*, *TECHLAMP*, *IEK*, *HOPFEN* – мають пульсацію <1% за напруги 160–240 В, що відповідає медичним нормам. *Maxus*, *OSRAM*, *Emilight*, *Luxray* та *Light Master* демонструють надмірно високі пульсації (>30%) за нижчих напруг, що може викликати зорове навантаження і втому.

3. Теплові характеристики (температура корпусу, °С)

Оптимальний температурний режим (<45 °С) підтримується у *PHILIPS*, *LED A60*, *Eurolamp*, *TECHLAMP*, *LEBRON*. *Luxray* та *Light Master* перегріваються до 69 °С, що підвищує ризик деградації елементів. *OSRAM* і *Emilight* показують нестабільність – різкі температурні коливання, які потребують додаткового тестування.

4. Стабільність енергоспоживання (споживана потужність, Вт)

Більшість ламп демонструють логічне зростання потужності зі збільшенням напруги, але *Light Master* має аномальний стрибок до 93,6 Вт при 130 В – критична нестабільність. *Emilight* місцями занижує споживання (до 1,7 Вт), що свідчить про некоректну роботу драйвера або обмеження.

5. Світлотехнічна ефективність (світловіддача, лк/Вт)

Найвищу світловіддачу (>140 лк/Вт) має *Emilight* при 180 В, але вона нестабільна при інших рівнях. *TECHLAMP*, *LED A60*, *PHILIPS*, *HOPFEN* демонструють стабільну ефективність у межах 70–85 лк/Вт. *Light Master*, *Luxray* та *LEBRON* мають найнижчі показники (до 13 лк/Вт) при окремих напругах.

Загальні рекомендації

- **До щоденного використання** рекомендуються моделі *LED A60*, *PHILIPS*, *TECHLAMP*, *IEK*, *Horoz Electric* – вони поєднують високу яскравість, стабільну світлову віддачу, низьку пульсацію та оптимальний тепловий режим.

- **Умовно допустимими** є *Eurolamp*, *LEBRON*, *HOPFEN*, якщо застосовуються за стабільного електроживлення.

- **Моделі з високим ризиком експлуатації** – *Light Master*, *Luxray*, *Emilight*, *OSRAM* – мають нестабільну потужність, перегрів або надмірну пульсацію, що не відповідає вимогам комфортного та безпечного освітлення.

Отже, комплексна оцінка LED-ламп за кількома параметрами дозволяє об'єктивно визначити якість продукції та її відповідність стандартам. Для споживача важливо звертати увагу не лише на яскравість чи бренд, а на підтвержені показники стабільності, енергоефективності та безпечності світлового потоку. Це дослідження може бути основою для формування національних стандартів сертифікації світлодіодної продукції в Україні.

Бібліографічний список

1. ДБН В.2.5.-28-2006. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=28019 (дата звернення: 08.02.2025).

2. Пекур Д. В., Сорокин В. М. Стан і перспективи розвитку білих світлодіодів з випромінюванням, наближеним до природного. *Оптоелектроніка та напівпровідникова техніка*. 2023. Вип. 58. С. 16–20. <https://doi.org/10.15407/іopt.2023.58.016>

3. Barbosa J. L. F., Coimbra A. P., Simon D., Calixto W. P. Optimization process applied in the thermal and luminous design of high power LED luminaires. *Energies*. 2022. Vol. 15, iss. 20. P. 7679. <https://doi.org/10.3390/en15207679>

4. Bhattarai T., Ebong A., Raja M. A review of light-emitting diodes and ultraviolet light-emitting diodes and their applications. *Photonics*. 2024. Vol. 11, № 6. P. 491. <https://doi.org/10.3390/photonics11060491>

5. Chinchero H. F., Alonso J. M., Hugo O. T. A review on smart LED lighting systems. *2020 IEEE Green Energy and Smart Systems Conference (IGESSC)*, LongBeach, CA, USA. 2020. Pp. 1–6. <https://doi.org/10.1109/igessc50231.2020.9285004>

6. Goshko M. The outer temperature effect on the led lamps working characteristics. *TEKA. QUARTERLY JOURNAL OF AGRI-FOOD INDUSTRY*. 2021, Vol. 21, No. 1. P. 13–18.

7. Goshko M. Influence of the construction of start-up adjustment equipment of modern led lamps on their performance characteristics. *TEKA. QUARTERLY JOURNAL OF AGRI-FOOD INDUSTRY*. 2021. Vol. 20, № 2. P. 33–39.

8. Różowicz A., Wachta H., Baran K. et al. Arrangement of LEDs and their impact on thermal operating conditions in high-power luminaires. *Energies*. 2022. Vol. 15, iss. 21. P. 8142. <https://doi.org/10.3390/en15218142>

9. Taki T., Strassburg M. Review—Visible LEDs: more than efficient light. *ECS Journal of Solid State Science and Technology*. 2019. Vol. 9, № 1. P. 015017. <https://doi.org/10.1149/2.0402001jss>

10. Weisbuch C. Review – On the search for efficient solid state light emitters: past, present, future. *ECS Journal of Solid State Science and Technology*. 2020. Vol. 9, № 1. P. 016022. <https://doi.org/10.1149/2.0392001jss>

Стаття надійшла 10.02.2025