

**VI Міжнародна науково-технічна конференція  
„Світлотехніка й електроенергетика: історія, проблеми, перспективи”**

---

**УДК 621.328**

**В.І. Корнага, Д.О. Калустова, О.С. Олійник**

Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова, Україна

**МОДЕЛЮВАННЯ СПЕКТРАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ  
ОСВІТЛЕННЯ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ВИСОКИХ ІНДЕКСІВ  
КОЛЬОРОПЕРЕДАЧІ РЕЗУЛЬТУЮЧОГО СВІТЛА В ДІАПАЗОНІ  
КОЛІРНИХ ТЕМПЕРАТУР 3000 К÷7000 К**

Наведено результати моделювання спектрів випромінювання освітлювального пристрою при застосуванні RGBW світлодіодів. Продемонстровано результати обчислень яскравості RGBW світлодіодів за допомогою розробленої математичної моделі для отримання білого світла з заданою колірною температурою та яскравістю. Проведено аналіз отриманих залежностей індексу кольоропередачі від колірної температури в діапазоні 3000 К÷7000 К.

*Ключові слова:* яскравість, колірна температура, індекс кольоропередачі, світлодіод.

**V. Kornaga, D. Kalustova, O. Oliynyk**

**MODELING THE SPECTRAL CHARACTERISTICS OF LIGHTING  
SYSTEMS TO OBTAIN HIGH CRI OF THE RESULTING LIGHT IN THE  
RANGE OF COLOR TEMPERATURES OF 3000 K ÷ 7000 K**

Presented the results of simulation of radiation spectra of a lighting device with the use of RGBW LEDs are given. The results of calculations of the brightness of RGBW LEDs by means of the developed mathematical model for obtaining white light with the given color temperature and brightness are demonstrated. The dependences of the CRI from the color temperature in the range 3000 K ÷ 7000 K was analyzed.

*Key words:* brightness, color temperature, CRI, LED.

На даний час ефективність серійних освітлювальних пристроїв є доволі високою 120÷160 лм/Вт, тому, все більше звертають увагу на якість світла та функціональні можливості освітлювального пристрою. Так, для освітлення приміщень в яких потрібно проводити роботи з високими вимогами до кольоророзрізнення будівельні норми [1] рекомендують використовувати штучне освітлення з індексом кольоропередачі вище 85 та 90 і коефіцієнтом пульсації світла менше 10% та 15%. Це роблять для того, щоб максимально наблизити параметри штучного світла до природного, в якого індекс кольоропередачі більше 95, а коефіцієнт пульсації рівний нулю. Також необхідно звернути увагу на те, що природне світло змінює свої оптичні параметри, а саме колірну температуру та яскравість світла протягом

доби, чим впливає на організм людини через фоторецептор у сітківці ока, який відповідає за вироблення чи подавлення гормону мелатоніну [2]. Це вказує на доцільність змінювати колірну температуру випромінюючого світла освітлювальним пристроєм протягом доби і забезпечувати індекс кольоропередачі вище 95.

Для того, щоб виконати зміну колірної температури та яскравості світла існує два методи при застосуванні світлодіодів. Перший базується на використанні комбінації потужних білих (W) світлодіодів з різними колірними температурами, другий на використанні RGB світлодіодів. Хоча перевагою систем з двома люмінофорними «білими» світлодіодами з різними колірними температурами являється невисока складність реалізації та відносно невисока вартість, такі системи мають обмеження в можливому діапазоні колірних температурах, максимальне та мінімальне значення яких задаються колірними температурами «холодного» та «теплого» світлодіода [3]. Основним недоліком використання RGB світлодіодів є низький індекс кольоропередачі, тому в таку систему додають четвертий білий світлодіод, який призводить до більшого заповнення спектра випромінювання.

Нами було розроблено математичну модель, яка дозволяє обчислювати яскравість RGBW світлодіодів за допомогою системи рівнянь (1) для отримання білого світла з заданою колірною температурою та яскравістю [2]. Проте існує невизначеність у виборі світлодіодів за формою спектру, корельованою колірною температурою та домінуючою довжиною хвилі. Тому, було проведено дослідження застосування різних за характеристиками світлодіодів у нашій моделі, а за допомогою програми ColorCalculator [4] проведено моделювання спектрів результуючого випромінювання. В результаті отримано залежності індексу кольоропередачі від колірної температури в діапазоні 3000K÷7000K при застосуванні різних RGBW світлодіодів.

$$\begin{bmatrix} r \\ g \\ b \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_r & X_g & X_b & X_w \\ Y_r & Y_g & Y_b & Y_w \\ Z_r & Z_g & Z_b & Z_w \\ r_w Y_r & g_w Y_g & b_w Y_b & -Y_w \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

1. Державні будівельні норми України. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення. ДБН В.2.5-28-2006
2. Kornaga V.I. Color mixing models for smart lighting systems based on RGBW and WW LEDs/ V.I. Kornaga, V.M. Sorokin, A.V. Rybalochka, O.S. Oliinyk, N.P. Kornaga // Semiconductor Physics Quantum Electronics & Optoelectronics Volume 18 №3– Kiev 2015. – P.302-308.
3. Berson D.M. Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. / D.M. Berson, F.A. Dunn, Takao Motoharu // Science – February 2002. – №8. – PP.1070-1073.
4. The ColorCalculator developed by OSRAM SYLVANIA Inc. / <https://www.osram.us/cb/tools-and-resources/applications/led-colorcalculator/index.jsp>