

УДК 628.98

Завацький С.В., канд. фіз.-мат. наук, доцент,
Пекур І.В., магістр,

Національний університет «Чернігівська політехніка», s.zavatski@gmail.com

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ОСВІТЛЕНOSTІ НАВЧАЛЬНИХ АУДИТОРІЙ ЗАСОБАМИ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Постановка проблеми. На сьогоднішній день одним з актуальних питань створення комфортних та безпечних умов для проведення освітнього процесу у навчальних закладах є освітлення як предметних кабінетів та класних кімнат, так і приміщень загального призначення. Якісне та правильно організоване освітлення позитивно впливає на освітній процес, підвищує ефективність сприйняття та засвоєння навчального матеріалу, а також знижує зорове напруження та втомлюваність учнів або студентів. Багато шкіл та університетів досі оснащені застарілими освітлювальними приладами, використання деяких з них може призвести до зниження ефективності навчання, а іноді навіть зашкодити здоров'ю вихованців. Одним із шляхів вирішення проблеми є використання сучасних світлодіодних освітлювальних систем, параметри яких відповідають чинним нормативним вимогам до освітлення [1].

Мета дослідження. Проаналізувати переваги та особливості використання світлодіодних систем освітлення для приміщень навчальних закладів за допомогою комп'ютерного моделювання розподілу освітленості в програмному комплексі Dialux.

Виклад основного матеріалу. Впровадження в Україні технічного регламенту про обмеження використання небезпечних речовин в електротехнічній та електронній продукції в 2018 році, що забороняє використання світильників з галофосфатними люмінофорами (T12, E8), а також вступ у дію з 2020 року Мініматської конвенції по ртуті [2], яка прямо забороняє виробництво продукції з вмістом ртуті (ратифікація у Європі звузила коло виробників люмінесцентних ламп), значно пришвидшило витіснення люмінесцентних ламп світлодіодами в системах освітлення, зокрема, навчальних закладів.

Поряд з тим досягнення сучасної фізики та оптоелектроніки за останні десятиліття дозволили створити світлодіоди з світловою ефективністю у 10-15 разів вищою за лампи розжарювання та у 3-4 рази вищою за люмінесцентні лампи. Використання в освітлювальних системах таких джерел світла дозволяє створювати принципово нові екологічно чисті (в будові світлодіодів відсутні екологічно небезпечні речовини) та високоефективні (120-180 лм/Вт) освітлювальні системи, а висока надійність світлодіодів дозволяє забезпечити терміни експлуатації таких систем понад 10 років.

З точки зору екологічності, світлової ефективності та терміну експлуатації зі світлодіодами не можуть конкурувати жодні інші типи джерел світла, а зручність виконання їх електроживлення дозволяє реалізувати різноманітні дизайнерські рішення та створювати інтелектуальні системи освітлення з широкими функціональними можливостями. Важливою перевагою світлодіодних освітлювальних систем над системами освітлення побудованими на основі люмінесцентних ламп є низький рівень пульсацій освітленості (1-2%), що на порядок менше від раніше дозволених високих значень (20% і більше) [3] для енергоефективних люмінесцентних ламп.

Як приклад складових елементів сучасних світлодіодних освітлювальних систем розглянемо два світлодіодних джерела світла – світильник Eglo 96154 Salobrena 1 та лампу LED P T8 glass 600 8W 100pct 4000K CT, які можуть використовуватися для реалізації освітлення в приміщеннях навчальних закладів.

Стельовий світильник Eglo 96154 Salobrena 1 має потужність 40 Вт, світловий потік становить 4100 лм, корельовану колірну температуру – 4000К, індекс кольоропередачі (R_a) понад 80 та може використовуватися для освітлення навчальних та робочих кабінетів, а

також офісних приміщень. Світильник має мінімальний ступінь пило-вологозахисту, тому його не рекомендують використовувати в приміщеннях з підвищеною вологістю і пилом. Термін його експлуатації становить 25 000 годин (тобто понад 10 років при 6 годинній щоденній експлуатації) [4].

Світлодіодна лампа LED P T8 glass 600 8W 100pct 4000K CT може використовуватися, як альтернативна та швидка заміна люмінесцентним лампам T8, які використовуються в начальних закладах і дозволяє створити освітлювальну систему близьку за своїми параметрами до системи на основі світильників Eglo 96154 Salobrena 1. Ці моделі підходять для стель Армстронг, ЛСГ та ЛВГ та мають ряд переваг:

- безшумний та миттєвий початок і завершення роботи;
- можливість створювати рівномірне освітлення, за відсутності УФ-випромінювання.
- легкий монтаж та тривалий термін роботи між обслуговуванням;
- екологічність (не містить шкідливих речовин і не має спеціальних вимог до утилізації);
- висока ефективність більше 120 лм/Вт;
- економія електроенергії до 62% порівняно зі звичайними люмінесцентними лампами;
- тривалий термін експлуатації [5].

Порівняння якості освітлення приміщення площею 28,7 м² стельовими світильниками Eglo 96154 Salobrena 1 та LED P T8 glass 600 8W 100pct 4000K CT було виконано за допомогою програмного комплексу Dialux, який з достатньою точністю дозволяє змодельовати розподіл освітленості в навчальній аудиторії (рис.1).

Програмний комплекс Dialux має широкий спектр можливостей, а саме: розрахунок освітленості на будь-якій поверхні (підлога, стіни, стеля, робочі поверхні під будь-якими кутами до джерела світла), контроль показників якості освітлення (горизонтальну освітленість, насиченість приміщення світлом, рівномірність освітлення).

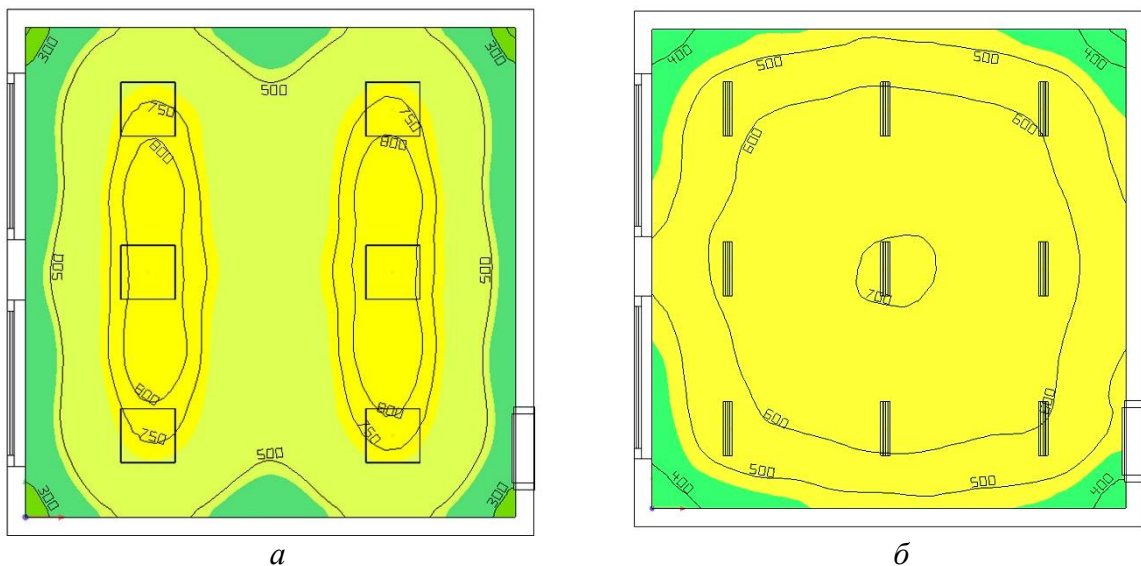


Рис.1 – Моделювання розподілу освітленості навчальної аудиторії світильниками:
а – Eglo 96154 Salobrena 1; б – LED P T8 glass 600 8W 100pct 6500K CT

На рис.1. показано ізополі освітленості, діапазон яких становить 300-800 лк для світильників Eglo 96154 Salobrena 1 та 400-700 лк для LED P T8 glass 600 8W 100pct 6500K CT. Загалом розподіл освітлення в обох випадках майже однаковий і нормативні вимоги [ДСТУ EN 12464-1:2016] виконуються в обох випадках (див. табл. 1). Однак, використання ламп LED P T8 glass 600 8W 100pct 4000K CT на відміну від світильників Eglo 96154 Salobrena 1, не вимагає заміни конструкції стелі та корпусу світильників. Достатньо простої заміни люмінесцентних ламп на світлодіодні. Перевагою застосування ламп LED P T8 glass 600 8W 100pct 4000K CT є також вища рівномірність розподілу освітлення (U_0) (рис. 1, б).

Варто звернути увагу на індекс UGR (єдиний індекс відблисків, числовий спосіб визначити наскільки яскравим світільник виглядає з певного місця), через те, що не всі світлодіодні освітлювальні прилади можуть забезпечити допустиме значення цього параметра відповідно до стандарту при встановленні в навчальних кабінетах, а надлишок відблисків може стати серйозною проблемою для учнів та студентів. Також у стандарті вказується, що індекс кольоропередачі освітлення має бути не меншим за 80 для навчальних аудиторій, і не менше ніж 90 для класів початкової школи та кабінетів в яких передбачається робота з кольором, що дещо обмежує використання розглянутих освітлювальних приладів. Проте дану проблему можна вирішити забезпечено іншими існуючими світлодіодними освітлювальними приладами.

Таблиця 1 – Вимоги до освітлення приміщень закладів освіти [1]

№	Тип зони, завдання чи вид діяльності	E_m , лк	UGRL, –	U_o , –	R_a , –	Додаткові вимоги
1	Класні кімнати, кабінети навчальних матеріалів	300	19	0,60	80	Освітлення має бути регульоване
2	Класи для вечірніх занять та навчання дорослих	500	19	0,60	80	Освітлення має бути регульоване
3	Глядацькі, лекційні зали	500	19	0,60	80	Освітлення має бути регульованим для пристосовування різних A/V
4	Кімнати творчості	500	19	0,60	80	
5	Кімнати технічного креслення	750	16	0,70	80	

Варто зазначити, що значне перевищення рекомендованого рівня освітлення також може негативно позначитися на дітях та студентах, а дозволені рівні пульсацій світла становить 10% для загальних класів і не більше 5% для кабінетів де проходить робота з приладами, що рухаються, або комп'ютерами. Надлишок світла в аудиторії та нерівномірний розподіл освітленості може спричинити головний біль та втому очей, тому перед заміною освітлювальних приладів на нові, більш ефективні, потрібно проводити відповідні світлотехнічні розрахунки з метою визначення параметрів нової освітлювальної системи в цілому.

Висновки. Застосування програмного комплексу Dialux для дослідження світлотехнічних параметрів освітленості навчальних аудиторій різними типами світільників дає можливість з достатньо високою точністю оцінити переваги й недоліки освітлювальних систем при їх виборі безпосередньо до проведення монтажних робіт.

Список посилань

1. ДСТУ EN 12464-1:2016 «Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. Частина 1. Внутрішні робочі місця», – Чинний від 01.12.2017 №456, – Київ, – Державні стандарти України.
2. UNenvironment programme – Minamata Convention on Mercury – Text and Annexes [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.mercuryconvention.org/en/resources/minamata-convention-mercury-text-and-annexes>.
3. А. С. Шараханэ, С. В. Мамаев, Р. Ш. Хотфуллин, А. В. Порубов. Фактические значения пульсации освещенности, создаваемой современными источниками света. Оптический журнал. - 2017. – 84(1). – С.41-47.
4. Стельовий світільник Eglo 96154 Salobrena 1 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://e27.com.ua/ua/eglo-96154.html>.
5. FULGUR – OPPL LED P T8 glass 600 8W 100pct 6500K CT [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://eshop.fulgur.cz/produkt/opple-led-p-t8-glass-600-8w-100pct-6500k-ct-31460.htm#popis>.