УДК 628.979:159.93(045)

І. А. Зеленков, канд. техн. наук,
Н. І. Кулик, студ.

РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ОСВІТЛЕНОСТІ ФАСАДУ БУДІВЛІ В РАЗІ ВИКОРИСТАННЯ СВІТЛОДІОДНИХ СВІТЛОВИХ ПРИЛАДІВ

Інститут електроніки та систем управління НАУ, e-mail: iesy@nau.edu.ua

Розглянуто проблему розрахунку світлодіодного освітлення архітектурних об'єктів. Описаний розрахунок світлодіодного освітлення, який можна використовувати залежно від способу монтажу світильника. На прикладі конкретного світлового приладу розраховано оптимальні параметри освітленості конкретних умов освітлення.

Ключеві слова: світлодіоди, освітленість, сила світла, світлодіодний прожектор.

Вступ. Архітектура як вид мистецтва здійснює сильний психологічний і емоційний вплив на людину. Цей вплив здійснюється через зорове враження, яке може бути значно розширене за рахунок штучного освітлення архітектурних об'єктів у темний час доби.

Світловий дизайн перестає бути допоміжною, оформлювальною сферою діяльності в архітектурі. Завдяки прогресу в техніці освітлення електричне світло реально стає архітектурним матеріалом в місті, що дозволяє створювати нові естетичні цінності.

Широка популярність архітектурного і декоративно-художнього освітлення неодмінно спонукає порушувати питання економії енергетичних ресурсів, що і становить основу сучасних технологій. Одним з варіантів вирішення цього питання є застосування енергоощадних джерел світла – світлодіодів. Їх застосування дозволяє знижувати затрати електроенергії більш ніж в 5 разів, затрати трудових і матеріальних ресурсів більш ніж в 10 разів у зв'язку з тривалим терміном експлуатації. Крім цього, для світлодіодних джерел характерні виключно точна напрямленість і широкий діапазон світлового випромінювання, спектр випромінювання та інтенсивність випромінювання, що регулюється у всьому його діапазоні.

Світлодіоди є лідерами в декоративно-художньому освітленні і відкривають додаткові можливості енерго- і ресурсозбереження.

Постановка завдання. Величезні переваги світлодіодів зумовлюють конкурентні позиції відносно традиційних джерел світла. Але, незважаючи на це, в Україні їх застосовують мало. Масовому впровадженню світлодіодів в освітлювальних установках сьогодні заважає те, що досі не розроблено методик і програм розрахунку установок зі світлодіодними джерелами, які б дозволили виконувати світлотехнічні розрахунки і використовувати стандартні програми візуалізації.

Зміст відомих публікацій присвячено здебільшого опису переваг світлодіодних джерел світла перед іншими, оцінюванню перспектив розвитку світлодіодних технологій і рекомендаціям щодо застосування окремих світлодіодних приладів. Водночас вони не містили опису методик розрахунку освітлювальних установок на основі світлодіодних джерел світла. Відсутність таких методик обумовлює низький рівень науково-методичного застосування світловипромінювальних діодів у системах декоративно-художнього освітлення.

Виклад основного матеріалу. При використанні заливального освітлення для фасаду необхідно за допомогою світлотіней підкреслити його фактуру. При цьому бажано, щоб тіні падали в одному напрямку.

Для створення тіней кут α між напрямком осьового променя світлового приладу (СП) і нормаллю до фасаду залежно від глибини рельєфу може коливатись від 30 ° до 60 ° за бокового освітлення фасаду і в межах від 50 ° до 80 ° при заливальному освітленні із землі.

За загального рівномірного освітлення фасаду відношення максимальної і мінімальної освітленостей повинно бути не більшим за 3:1.

Разом з тим рівень освітленості фасадів не повинен різко контрастувати з нічним освітленням навколишнього середовища, зокрема вулиць і доріг. Тому рекомендовані значення освітленості E_{min} = 20 лк, E_{max} = 200 лк залежно від яскравості адаптації і відбивальних характеристик оздоблювальних матеріалів.

Зважаючи на наведені вимоги, обов'язковими параметрами є:

– освітленість, лк – 200 > E > 20, причому із врахуванням пропорції для рівномірного освітлення E_{max}: E_{min} = 3:1;

– кут установлення α СП – 80 ° > α > 50 ° у разі встановлення СП знизу і 60 ° > α > 30 °, якщо СП встановлено на фасаді.

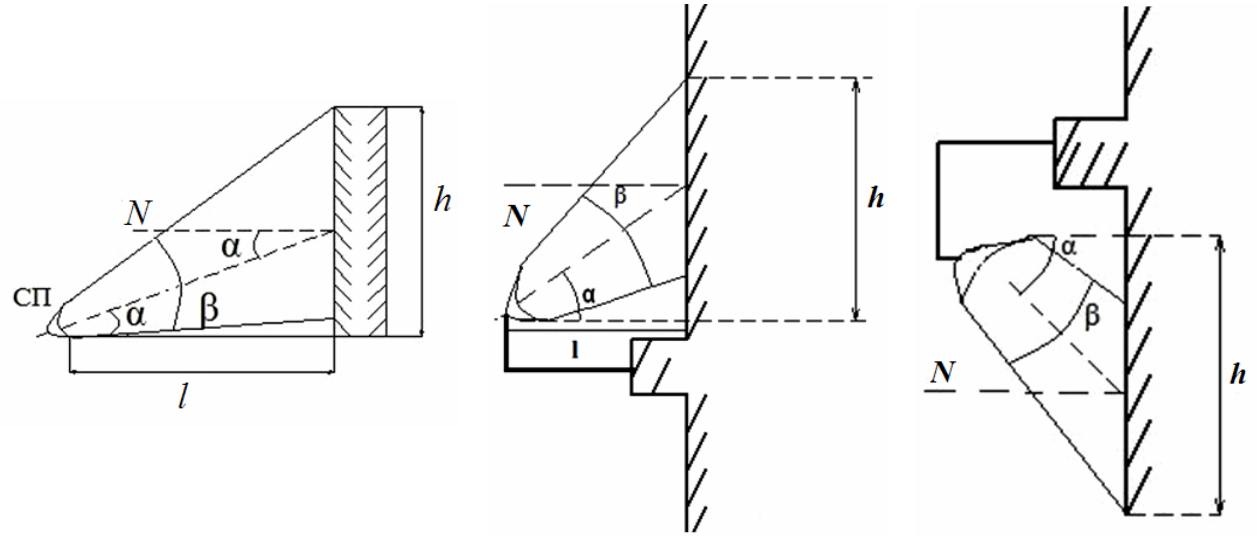
Варіативні складові для вибору об'єкта і освітлювального приладу такі:

– висота від точки монтажу СП до верхньої межі світлової плями, створеної ним, – h;

– відстань від СП до фасаду – l;

– кут розкриття світлового пучка СП – β.

Варіанти розміщення СП показано на рис. 1.



а *б* *в*

Рис. 1. Схематичне розміщення СП відносно: *а* – вертикальної площини в разі встановлення світильника знизу; *б* – вертикальної площини в разі бокового освітлення фасаду – світильник напрямлений вгору; *в* – вертикальної площини за бокового освітлення фасаду – світильник напрямлений вниз

Розрахувати необхідні параметри можна за допомогою формули

$$E = \frac{I}{r^2}\cos\alpha,$$

де E – нормована освітленість поверхні; I – сила світла джерела; r – відстань від джерела до поверхні за напрямком осьового променя СП; α – кут між напрямком осьового променя СП і нормаллю до фасаду.

Із цих елементів два невідомі: відстань від джерела до поверхні за напрямком осьового променя СП (r) та сила світла джерела (I). Тому спробуємо виразити їх через інші відомі нам величини. Якщо врахувати висоту поширення світла від нормалі світильника h, то можна знайти відстань від світильника до фасаду:

$$\operatorname{tg}\left(\alpha+\frac{\beta}{2}\right)=\frac{h}{l},\ \text{звідки}\ l=\frac{h}{\operatorname{tg}\left(\alpha+\frac{\beta}{2}\right)}.$$

Через косинус кута α можна визначити *r*:

$$\cos\alpha = \frac{l}{r}, \text{ звідки } r = \frac{l}{\cos\alpha}.$$

Розрахунок виконуємо для фасаду на висоту 12 м світлодіодним СП з розкриттям світлового пучка 50 °, номінальною силою струму 0,3 А та обираємо кількість світлодіодів у СП 6 та 7.

Освітлення фасаду з кутом встановлення СП α > 60° є недоцільним, оскільки при куті, більшому за α > 60°, світловий потік майже не потрапляє на освітлювальну площину.

Силу світла СП розраховуємо за кривою сили світла СП з трьома світлодіодними джерелами та з кутом розкриття 50° (рис. 2) SPRUT-3 STATIC фірми «Елолед». Кут розкриття 50° є найбільш оптимальним, оскільки він забезпечує рівномірний розподіл світлового пучка в просторі та розмитий контур світлової плями на площині.

Освітленість розраховуємо в трьох точках згідно з розподілом освітленості на площині від світлового пучка світильника. Розрахунок виконуємо для номінального випадку, коли СП розташовано знизу (рис. 3).

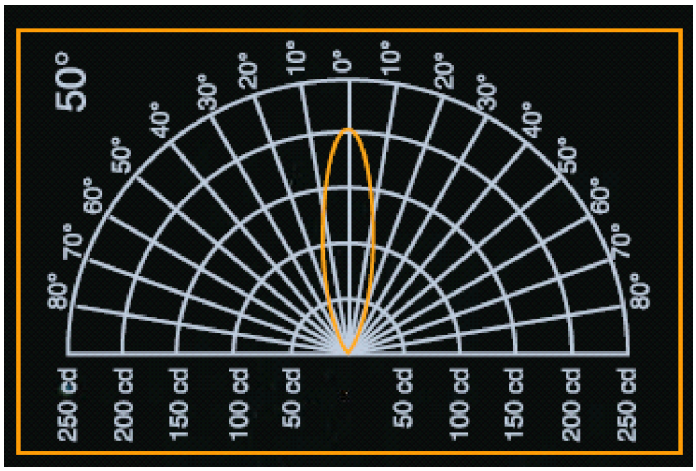


Рис. 2. Крива сили світла СП SPRUT-3 STATIC (Елолед)

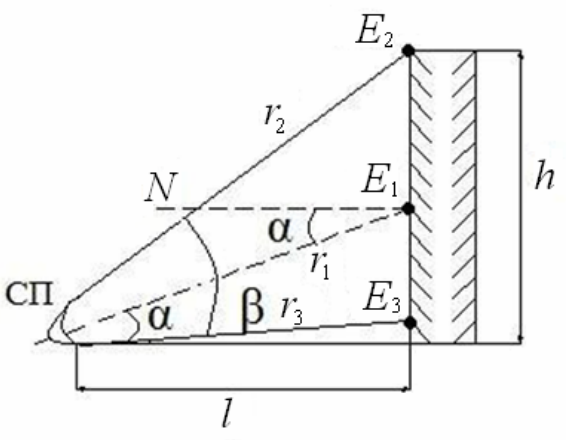


Рис. 3. Точки розрахунку освітленості у разі встановлення СП знизу

При цьому, E_1 буде розраховуватись для сили світла за кута β = 0°, а E_2 і E_3 – за β = 50°. Освітленість E_1 буде максимальною, а E_2 і E_3 – мінімальними (див. таблицю).

Розрахунком було встановлено залежність відстані від СП до фасаду *l* від висоти фасаду *h* та кута встановлення α.

Розрахунок відстаней r_1, r_2, r_3 від джерела до поверхні за напрямком осьового променя СП.

$$r_1 = \frac{l}{\cos\alpha}, \quad r_2 = \sqrt{h^2 + l^2}, \quad r_3 = \frac{l}{\cos\left(\alpha + \frac{1}{2}\beta\right)}.$$

Освітленість E_2 згідно розрахунків є нижче нормованої, отже її необхідно підвищувати за рахунок додаткових джерел світла, розміщених на фасаді. Також освітленість E_3 у 10 разів менша за максимальну, що не виконує умов освітленості 1:3. Це необхідно виправити, встановлюючи прожектори на лінійці під різними кутами α щоб вони світили на різну відстань і за рахунок перекриття світлових пучків створювали нормовану освітленість.

Таблиця 1

Розрахунок освітленості, що створюється світлодіодним прожектором

N, шт	P, Вт	I_{max}, кд	l, м			r_1, м			E_1, лк		
		50 град	50	55	60	50	55	60	50	55	60
6	7,2	400	3,22	2,12	1,05	5,03	3,71	2,10	24,71	50,85	181,27
7	8,4	466							28,83	59,33	211,48
N, шт	P, Вт	I_{min}, кд	l, м			r_2, м			E_2, лк		
		50 град	50	55	60	50	55	60	50	55	60
6	7,2	60	3,22	2,12	1,05	12,42	12,19	12,05	0,61	0,71	0,83
7	8,4	70							0,71	0,83	0,96
N, шт	P, Вт	I_{min}, кд	l, м			r_3, м			E_3, лк		
		50 град	50	55	60	50	55	60	50	55	60
6	7,2	60	3,22	2,12	1,05	3,57	2,43	1,28	3,01	5,78	18,30
7	8,4	70							3,51	6,74	21,35

Висновки. Наведений метод розрахунку є універсальним для всіх світлових приладів – прожекторів, але в цьому випадку він скоригований під особливі вимоги як світлодіодного обладнання, так і освітлення архітектурних об'єктів. Залежно від особливостей будівлі (навколишнього середовища, кількості архітектурних елементів, історичної цінності) вибирають найкращий з можливих варіантів кріплення світлотехнічної арматури. Залежно від заданих параметрів освітлення фасадної будівлі розрахунок за цим методом дозволяє підібрати оптимальну кількість приладів, їх розміщення і кут установки прожектора.

Список літератури

1. *Лесная О. И.* Декоративно-художественное освещение архитектурной среды. – Харьков: ХНАГХ, 2008 – С. 6 – 7, 239 – 241.
2. *Говоров Ф. П.* Особенности применения светодиодных источников света в архитектурном и декоративно-художественном освещении / Ф. П. Говоров, В. С. Чернец – «Світло люкс», 2005, №3, С. 26 – 27.
3. *Зеленков І. А.* Фотометрія. – К.:НАУ, 2003. – С. 14 – 17.
4. *Каталог* фірми «Елотек» Системы светодиодного освещения.

И. А. Зеленков, Н. И. Кулик

Расчет параметров освещенности фасада здания при использовании светодиодных световых приборов

Рассмотрена проблема расчета светодиодного освещения архитектурных объектов. Описан расчет светодиодного освещения, который можно использовать в зависимости от способа монтажа светильника. На примере конкретного светового прибора рассчитаны оптимальные параметры освещенности конкретных условий освещения.

I. A. Zelenkov, N. I. Kulik

Calculation of parametres of light exposure of a facade of a building at use of light-emitting diode light devices

The problem of calculation of light-emitting diode illumination of architectural objects is considered. The described calculation of light-emitting diode illumination which can be used depending on a way of installation of the fixture. On an example of the concrete light device optimum parametres of light exposure of concrete conditions of illumination are calculated.