

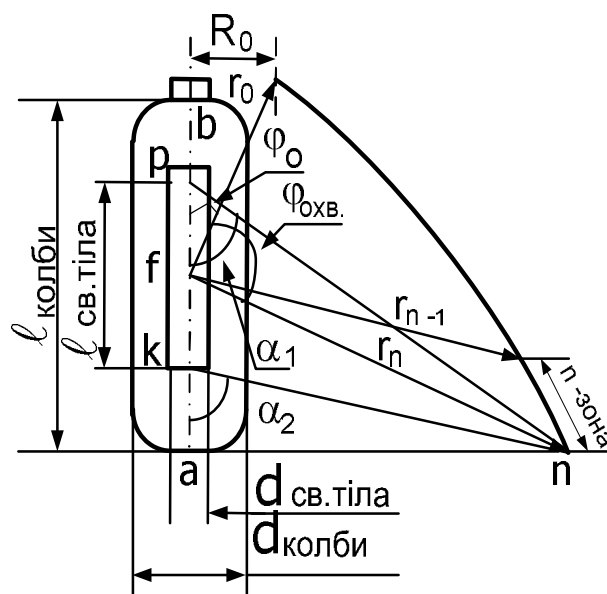
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ  
до виконання курсової роботи

**«Розрахунок світильника  
з регламентованим світлорозподілом»**  
із навчальної дисципліни

**«СВІТЛОВІ ПРИЛАДИ»**

*(для студентів денної і заочної форм навчання зі спеціальності  
141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка)*



Харків  
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова  
2020

Методичні рекомендації до виконання курсової роботи «Розрахунок світильника з регламентованим світлорозподілом» із навчальної дисципліни «Світлові прилади» (для студентів денної і заочної форм навчання зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) / Харків нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : А. С. Литвиненко, Г. О. Петченко, О. М. Ляшенко, О. М. Діденко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 21 с.

Укладачі: канд. техн. наук, доц. А. С. Литвиненко,  
док. фіз-мат. наук, проф. Г. О. Петченко,  
канд. техн. наук, ст. викл. О. М. Ляшенко,  
канд. техн. наук, ст. викл. О. М. Діденко

Рецензент

**Л. А. Назаренко**, доктор технічних наук, професор кафедри світлотехніки і джерел світла Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

*Рекомендовано кафедрою світлотехніки і джерел світла, протокол № 8 від 27.04.2019.*

## ЗМІСТ

Вступ .....	4
1 Методика розрахунку профілю відбивача .....	6
2 Постановка завдання для світлотехнічного розрахунку профілю дзеркального круглосиметричного відбивача світлового приладу .....	9
3 Приклад розрахунку кривої сили світла відбивача .....	10
4 Розрахунок коефіцієнту підсилення і ККД світлового приладу .....	18
Список рекомендованої літератури .....	19
Додаток А. ....	20

## ВСТУП

Розробка світлового приладу на сьогодні є комплексною задачею, яка пов'язана з широким колом питань. Дійсно, будь-яка нова конструкція, яку планують до поточного виробництва, має відповідати низці вимог до неї. В першу чергу – це регламентований світлорозподіл. Він має відповідати майбутнім умовам експлуатації розроблюваного світильника. На виробництві необхідний світлорозподіл забезпечується, як правило, попередніми інженерними розрахунками, у яких як вихідний масив даних береться джерело світла, коефіцієнт відбиття робочої поверхні відбивача чи коефіцієнт пропускання розсіювача, геометрія оптичної системи тощо, і, у подальшому, перевіряється атестаційними випробуваннями світильника на відповідність існуючим вимогам. При вирішенні цього питання необхідно урахувати виробничі можливості підприємства, адже будь-яка інженерна розробка має певну цінність тільки у тому випадку, коли вона є реальною, виконуваною. Тобто, паралельно з інженерними світлотехнічними розрахунками треба опрацьовувати й способи реалізації даної розробки. Тут треба враховувати і вибір технологічних методик, що не потребують накопичення на підприємстві спеціального обладнання, що не має прямого відношення до основного напрямку роботи підприємства, і вивчати ринковий попит на вказану нову продукцію і динаміку ринкових змін на типові модифікації світильників і комплектуючих до них, і механізми збуту продукції та терміни повернення вкладених у розробку коштів і ризики, пов'язані з можливими форс-мажорними обставинами. Це і маркетингові дослідження недоліків і переваг аналогічної продукції підприємств-конкурентів, і визначення їх виробничих можливостей. Крім того, це постійний пошук шляхів зниження собівартості продукції, наприклад, застосування енергоекономічних технологій і методик розрахунку і контролю, вибір технологічних схем, що зводять до мінімуму необхідність у нестандартному обладнанні, і пошук кваліфікованого персоналу, який підтримує високу ефективність виробничого процесу і багато чого іншого.

Для того, щоб нова розробка мала майбутнє, вона має мати високі техніко-економічні і експлуатаційні характеристики. Експлуатаційні показники, до речі, також пов'язані з технологічним процесом і роботою конструкторського бюро. Захисні покриття світильників мають бути стійкими до середовища, у якому планується експлуатувати світильник, конструктивні вузли мають бути раціональними і по можливості простими, для того, щоб їх

легко було замінити при спрацьовуванні і підвищити, таким чином, надійність світильника.

Аналіз сучасного світлотехнічного ринку України свідчить про потребу у розробці нових модифікацій промислових СП типу ЖСП і РСП. Так як основою будь якої розробки світильника є світлотехнічний розрахунок, який суттєво впливає на конструкцію СП і вибір кола технологічних методик щодо його виготовлення, є сенс зосередити увагу саме на ньому.

Ці методичні вказівки розраховано на самостійну роботу студентів 4 курсу кафедри СДС під час виконання ними курсового проектування з дисципліни «Світлові прилади».

## 1 МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ПРОФІЛЮ ВІДБИВАЧА

На сьогодні для освітлення відкритих просторів і промислових приміщень активно використовуються натрієві лампи.

Дані джерела світла мають найбільшу світлову віддачу серед всіх розрядних ламп, мають великий термін служби й зберігають стабільність своїх робочих характеристик протягом експлуатації і у широкому інтервалі температур навколишнього середовища. Лампи ДНаТ і, особливо, їх безртутні модифікації, найбільш оптимальні в плані екології, а також забезпечують добру видимість об'єктів у несприятливих погодних умовах і при високому рівні запиленості виробничих приміщень, тому їх зручно використовувати в проектуванні світлових приладів (СП) промислового освітлення. З урахуванням сказаного, можна відзначити, що завдання конструювання СП із натрієвими лампами високого тиску є актуальною.

При розробці нової модифікації СП найбільш відповідальним етапом є світлотехнічний розрахунок відбивача.

Розрахунки відбивачів звичайно проводяться [1] у рамках методу елементарних відображень (ЕВ), сутність якого полягає у розгляді світлового пучка, сформованого СП, як сукупності окремих світлових пучків - ЕВ, форма й розміри яких визначаються як характеристиками світнього тіла і джерела світла, так і характеристиками відбивача (форма, матеріал тощо).

Однак у недавній роботі [2] було показано, що використання алгоритму розрахунку профілю дзеркального відбивача, що пропонується в [1] з погляду трудомісткості, швидкості і якості кінцевого результату не раціонально.

Справа в тому, що даний алгоритм розрахований на застосування ЕОМ, а не на роботу окремо взятої людини. Дійсно, час знаходження машиною правильного варіанта не такий вже і значний, і тому пошук кінцевого результату не оптимізований. Коли в рамках даного алгоритму починає працювати інженер-світлотехнік, починаються досить серйозні проблеми і з якістю опису необхідної кривої сили світла (КСС) відбивача зональними КСС, і з розрахунковим часом.

Тому, як показує практика, інженер практично впусту витрачає сили і час і часто зупиняється на рішенні, не завжди найбільш оптимальному.

Погано розрахований профіль відбивача приводить і до відхилення світлорозподілу світильника від регламентованого, і до труднощів у виготовленні самого відбивача, тому що його форма не завжди виявляється

простою і вимагає ускладнення технологічної схеми виготовлення СП за рахунок введення додаткових технологічних операцій.

У роботі [2] був запропонований новий спосіб розрахунку дзеркальних круглосиметричних відбивачів у рамках методу елементарних відображень.

Згідно з [2–5] задача про відтворення профілю дзеркального відбивача може бути швидко й ефективно вирішена шляхом точного графоаналітичного опису необхідної кривої сили світла відбивача сукупністю зональних КСС. Отримані в такий спосіб зональні КСС, по-перше, задовольняють необхідному світлорозподілу проектованого світильника і, по-друге, є джерелом інформації, важливої для подальших розрахунків кривизни відбивача.

Як відомо, зональна сила світла світильника  $I_\alpha$  для обраного кута  $\alpha$  визначається таким виразом [1]:

$$I_\alpha = \rho \cdot L_{c.m} \cdot \kappa_\alpha \cdot A_{зони} \cdot \cos \sigma_\alpha,$$

де  $A_{зони}$  – площа обраної зони;

$L_{c.m}$  – яскравість світлого тіла в напрямку  $\varphi_{cp}$  зони;

$\kappa_\alpha$  – коефіцієнт заповнення зони світлою частиною в напрямку  $\alpha$ ;

$\sigma_\alpha$  – кут проекційного скорочення зони на напрямок, перпендикулярний напрямку  $\alpha$ .

Маючи у своєму розпорядженні зональні КСС (що заповнюють необхідну КСС світильника так, як нам потрібно) ми фактично знаємо величину  $I_\alpha$ .

Добуток  $\rho \cdot L_{c.m}$  є стала величина (зрозуміло, у межах обраної зони). А саме, для ламп, форма яких приблизно циліндрична [1–5]:

$$\rho \cdot L_{c.m} = \frac{\rho \cdot I_{\varphi_{cp}}}{A \cdot \cos \varphi_{cp}},$$

де  $A$  – площа світлого тіла (геометрія якого нам відома);

$I_{\varphi_{cp}}$  – значення сили світла лампи в напрямку середини зони (теж величина відома з обліком відомого світлового потоку лампи і заданої кривої сили світла в умовних одиницях (типу використовуваної лампи)).

Згідно з роботою [2]:

$$\frac{I_\alpha}{\rho \cdot L_{c.m}} = A_{зони} \cdot \cos \sigma_\alpha \cdot \kappa_\alpha = \frac{\pi^2 \cdot \Delta\varphi \cdot \sin \varphi_{cp} \cdot r_{cp}^2}{90 \cdot \cos i_{cp}} \cdot \cos \sigma_\alpha \cdot \kappa_\alpha,$$

де  $\Delta\varphi$  – фактично кутова ширина зони.

$r_{cp}$  – середнє значення радіуса-вектора, що визначає геометричну форму зони;

$i_{cp} = \varphi_{cp} - \delta_{cp}$  – кут падіння осьового променя на середню точку зони

$$\delta_{cp} = \frac{(\varphi_0 + \alpha_0) + (\varphi_1 + \alpha_1)}{4},$$

де  $\varphi_i$  і  $\alpha_i$  – кути, що складають падаючі й відбиті промені на граничних точках зони відбивача з віссю [2–5]).

Переносючи в ліву частину рівняння всі параметри, що у рамках поставленої задачі можна вважати відомими, і, приймаючи позначення:

$$\Lambda = \frac{I_\alpha}{\rho \cdot L_{c.m}} \cdot \left( \frac{90}{\pi^2 \cdot \Delta\varphi \cdot \sin \varphi_{cp}} \right),$$

одержуємо такий простий вираз:

$$\Lambda = r_{cp}^2 \cdot \kappa_\alpha \frac{\cos \sigma_\alpha}{\cos i_{cp}} = r_{cp}^2 \cdot \kappa_\alpha \cdot \frac{\cos(\varphi_{cp} - \delta_{cp})}{\cos(\delta_{cp} - \alpha)}.$$

Останній вираз є ключовим у пропонованому методі. Він дозволяє здійснювати потрібний зв'язок – між необхідним значенням  $I_\alpha$ , функцією необхідного ходу променів (яка виявляється в параметрі  $\delta_{cp}$ ) і формою відбивача  $r_{cp}$ . Завдяки вказаному виразу зазначені параметри можна підбирати узгоджено, єдиним масивом, що неможливо при використанні методів [1]. Видно, що вибираючи значення  $r_i$  для кожної зони (такі, щоб відбивач мав гладку, і, більш того, потрібну нам форму), і підбираючи величину параметра  $\delta_{cp}$  (відповідно до приведеного в [1] схемами взаємного ходу падаючих і відбитих променів), ми можемо визначити значення  $\kappa_\alpha$ , при яких виконується складене рівняння. Таким чином, для кожної зони швидко і точно розраховується та форма відбивача, що забезпечує необхідну КСС світильника.

По ідеології даний метод найбільш близький існуючому методу «зворотного ходу променів» [1], однак слід зазначити, що в той час як згаданий метод дозволяє відтворювати форму і характеристики світного тіла джерела, цей метод вирішує питання відтворення форми відбивача.



## **2 ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ДЛЯ СВІЛОТЕХНІЧНОГО РОЗРАХУНКУ ПРОФІЛЮ ДЗЕРКАЛЬНОГО КРУГЛОСИМЕТРИЧНОГО ВІДБИВАЧА СВІТЛОВОГО ПРИЛАДУ**

Основною задачею даного розрахунку є визначення кривини відбивача, що відповідає необхідній КСС даного світильника. Така задача розв'язується методом елементарних відображень [1] або на підставі його модернізованого варіанту [2–5].

Основою для світлотехнічного розрахунку є вихідні дані. Вони складаються з інформації трьох типів. Перший тип стосується власне джерела світла (потужність лампи і її геометрія). Другий стосується світлорозподілу майбутнього СП. Третій характеризує матеріал відбивача і вимоги до СП у цілому. Отже, головною метою даного розділу є обчислення сукупності радіус-векторів  $\{r_i\}$ , які задають форму профілю дзеркального відбивача.

### 3 ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ КРИВОЇ СИЛИ СВІТЛА ВІДБИВАЧА

Нехай вихідними даними є такі:

Тип джерела світла – ДНаТ-250.

Геометричні параметри і світлотехнічні характеристики джерела світла:

$$D_d = 58 \text{ мм};$$

$$l_d = 240 \text{ мм};$$

$$\Phi_d = 25 \cdot 10^3 \text{ лм}.$$

Геометричні параметри і яркісні характеристики випромінювального тіла:

$$d_{дж} = 8,9 \text{ мм};$$

$$l_{дж} = 75 \text{ мм};$$

$$L_{сп} = 4 \cdot 10^6 \text{ Кд} / \text{м}^2.$$

КСС світильника – Г–2

Коефіцієнт відбиття дзеркального відбивача  $\rho_{від} = 0,9$ .

ККД та коефіцієнт підсилення світильника:

$$ККД \geq 50 \%;$$

$$Kn \in [4; 10].$$

Знайдемо діаметр горловини відбивача (так званого сліпого отвору).

$$R_0 = R_{колби} + \text{зазор} = 64 \text{ мм}.$$

Для ламп потужністю менше 250 Вт зазор 20–30 мм. Для ламп потужністю більше 250 Вт зазор 40 мм. [6]. Виберемо зазор 35 мм  $R_{колби} = \frac{1}{2} D_d$ .

Знайдемо початковий радіус-вектор (верхня границя профілю відбивача).

$$r_o = \sqrt{R_0^2 + h^2},$$

де  $R_0$  – діаметр горловини відбивача,

$h$  – половина довжини лампи, тобто

$$h = \frac{1}{2} \cdot 240 = 120 \text{ мм},$$

отже  $r_o = \sqrt{64^2 + 120^2} = 136 \text{ мм}.$

Визначимо кут горловини відбивача. Це граничний кут, від якого починається облік кутового розташування профілю СП.

$$\varphi_0 = \arcsin \frac{R_0}{r_0} = 28^\circ.$$

Визначимо кут охопата відбивача

$$\varphi_{охв} = 90^\circ + \gamma - \varphi_0,$$

де  $\gamma$  – осьовий захисний кут, що складає у типових світлотехнічних конструкціях 20–35° [6].

Отже виберемо  $\gamma = 28^\circ$  і отримаємо  $\varphi_{охв} = 90^\circ + 28^\circ - 28^\circ = 90^\circ$ .

У таблицю 1 занесемо значення  $I_{л.ум}(\alpha)$  для свого типа лампи.

У нас лампа розташовується не горизонтально, а вертикально, тому максимум  $I_{л.ум}(\alpha)$  приходить на  $\alpha = 90^\circ$ .

Вказані дані беремо з довідника [1] для лампи ДНаТ з умовним потоком  $\Phi_{ум} = 1000$  лм.

Таблиця 1 – КСС лампи в умовних одиницях

$\alpha$	0	5	15	25	35	45	55	65	75	85	90
$I_{л.ум}(\alpha)$	0	20	35	50	63	75	86	92	94	100	101

Переведемо силу світла лампи в дійсні одиниці. Очевидно відношення:

$$\frac{I_l}{I_{л.ум}} = \frac{\Phi_l}{\Phi_{л.ум}} \Rightarrow I_l = I_{л.ум} \cdot \frac{\Phi_l}{\Phi_{л.ум}}$$

отже

$$I_l = 25 \cdot I_{л.ум}$$

Результати заносимо в таблицю 2.

Таблиця 2 – КСС лампи в реальних одиницях

$\alpha$	0	5	15	25	35	45	55	65	75	85	90
$I_l(\alpha)$	0	500	875	1 250	1 575	1 875	2 150	2 300	2 350	2 500	2 520

У таблицю 3 запишемо КСС нашого світильника з регламентованим світлорозподілом Г-2

Таблиця 3 – КСС СП в умовних одиницях

$\alpha$	0	5	15	25	35	45	55	65
$I_{СПум.}$	670,7	664,8	618,5	530,2	404,7	251,4	81,8	0

Розрахуємо максимальний коефіцієнт  $M$ , необхідний для переводу кривої сили світла світильника із умовних одиниць в дійсні.

$$M = \frac{\Phi_{л.\alpha} + \rho \cdot \Phi_{л.ф.охв}}{1\,000};$$

$$\Phi_{ум} = 1\,000 \text{ лм},$$

де  $\Phi_{л.\alpha}$  – це потік від світильника, який складається із потоку лампи  $\Phi_{л.\alpha_n}$  у межах кута випромінювання  $\alpha_n$  і потоку від відбивача [1].

З таблиці 3 добре видно, що  $\alpha = 55^\circ$  для світлорозподілу Г-2.

$$\Phi_{л.\alpha} = \Phi_{л.} \cdot \frac{\alpha}{180^\circ};$$

$$\Phi_{л.\alpha} = 25 \cdot 10^3 \cdot \frac{55^\circ}{180^\circ} = 7\,638,89 \text{ лм};$$

$$\Phi_{л.охв} = \Phi_{л.} \cdot \frac{\varphi_{охв}}{180^\circ};$$

$$\Phi_{л.охв} = 25 \cdot 10^3 \cdot \frac{90^\circ}{180^\circ} = 12\,500 \text{ лм.};$$

Отримаємо, що

$$M = \frac{\Phi_{л.\alpha} + \rho \cdot \Phi_{л.ф.охв}}{1\,000} = \frac{7\,638,89 + 0,9 \cdot 12\,500}{1\,000} = 18,89.$$

Тобто на цю величину ми і маємо збільшити КСС нашого СП під лампу даної модифікації. Отже, ми розраховуємо КСС нашого СП у реальних одиницях  $I_{св.\alpha} = M \cdot I_{св.ум}$  (табл. 4).

Таблиця 4 – КСС СП в реальних одиницях

$\alpha$	0	5	15	25	35	45	55	65
$I_{СП}$	12 668,8	12 557,3	11 682,8	10 014,9	7 644,3	4 748,7	1 545,1	0

Отже ми маємо КСС світильника в дійсних одиницях (для лампи з реальним потоком) та КСС лампи в дійсних одиницях.

Тепер можна переходити до розрахунку нашої головної функціональної залежності – КСС відбивача.

Ця задача не може бути вирішена строго без жорсткого урахування екранування світла від джерела нижньою кромкою відбивача.

В рамках такої постановки задачі кутова залежність сили світла відбивача має розраховуватись за виразом:

$$I_{від.\alpha} = I_{св.\alpha} - I_{л.\alpha} \cdot K_{\alpha},$$

де  $K_{\alpha}$  – враховує екранування світлового тіла лампи кромкою відбивача, причому в різних кутових межах цей коефіцієнт набуває різних значень:

$$K_{\alpha} = 1 \text{ для } \alpha \in (0; \alpha_1);$$

$$K_{\alpha} = 0,5 \text{ для } \alpha \in (\alpha_1; \alpha_2);$$

$$K_{\alpha} = 0 \text{ для } \alpha \geq \alpha_2;$$

З рисунка 1 видно, що для вирішення вказаної задачі треба спочатку геометрично визначити кути  $\alpha_1$  та  $\alpha_2$  ( $\alpha_1$  – кут, в межах якого видно все тіло джерела,  $\alpha_2$  – кут, починаючи з якого, тіло джерела повністю екранується профілем відбивача)

Із  $\Delta f an$ :  $\alpha_{випр} = 90 - \gamma = 90^{\circ} - 26^{\circ}$  і знаючи  $fa = 0,5 l_l = 120 \text{ мм}$  знаходимо  $fn$ :

$$\cos \alpha_{випр} = \frac{fa}{fn}; \quad fn = \frac{145}{0,44} = 255 \text{ мм.}$$

Знаючи  $fn$ , знайдемо  $an$ . По теоремі Піфагора:  $an = \sqrt{fn^2 - fa^2} \quad an = 225 \text{ мм.}$

Знаючи  $fn$  легко знайти кути  $\alpha_1$  та  $\alpha_2$ .

$$\text{Із } \Delta apn: \quad \operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{an}{pa} = \frac{an}{\frac{1}{2}l_l + \frac{1}{2}l_{дж}} \Rightarrow \alpha_1 = 50^{\circ}$$

Із  $\Delta akn$ : 
$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{an}{ka} = \frac{an}{\frac{1}{2}l_l - \frac{1}{2}l_{дж}} \Rightarrow \alpha_1 = 70^\circ$$

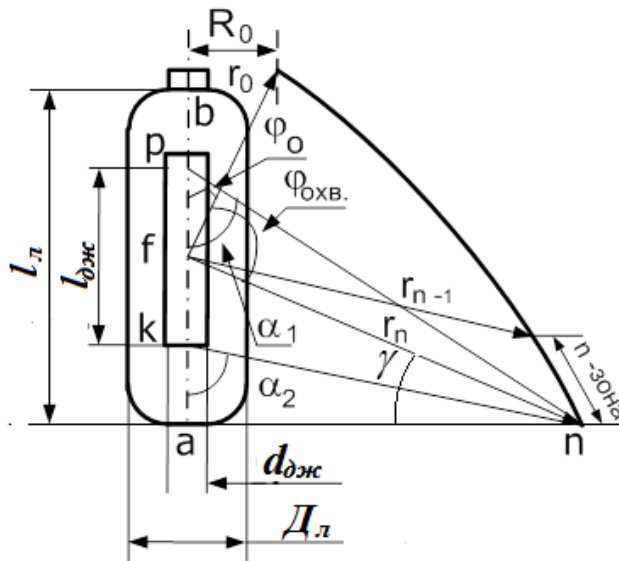


Рисунок 1 – Профіль відбивача СП з заданим світлорозподілом

Тепер легко обчислити КСС відбивача з урахуванням екранування лами відбивачем.

Таблиця 5 – Необхідна КСС відбивача

$\alpha$	0	5	15	25	35	45	55
$I_{\text{відб}}$	12 668,8	12 057,3	10 807,8	8 764,9	6 069,3	2 874	0

На рисунку 2 наведено необхідну КСС відбивача, побудовану в полярних координатах. Цю криву описуємо сукупністю зональних КСС в рамках рекомендацій авторів [2].

Визначимо для побудованих 6-ти зональних КСС низку необхідних характеристик. Це середній кут для кожної зони  $\varphi_{\text{ср}}$  (що розраховується за формулою  $\varphi_{\text{ср}} = \frac{\varphi_i + \varphi_{i+1}}{2}$ ), значення сили світла лампи для цього кута (що визначається за залежністю на рисунку 3), середнє значення радіус-вектора (для кожної центральної точки зони), функцію необхідного ходу падаючих та відбитих променів  $\delta_{\text{ср}}$  (що розраховується за виразом  $\delta_{\text{ср}} = \frac{(\varphi_0 + \alpha_0) + (\varphi_1 + \alpha_1)}{4}$ ,

змінні параметри якої для кожної зони беремо з таблиці 6), одержуємо результати таблиці 7.

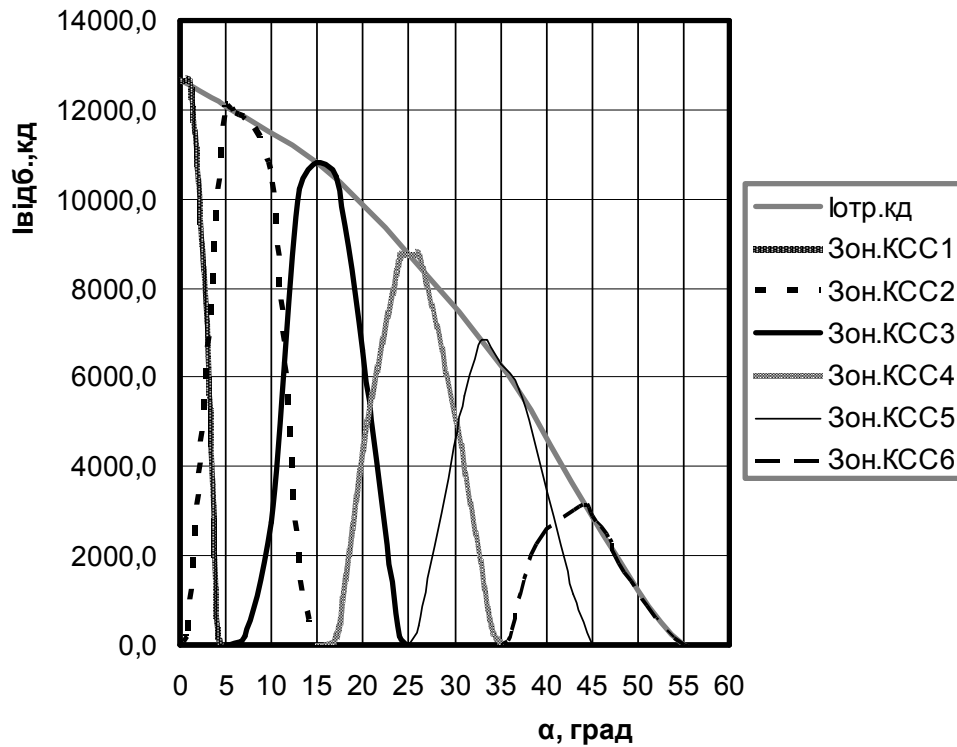


Рисунок 2 – Описання необхідної КСС відбивача зональними КСС

Таблиця 6 – Допоміжні обчислення для визначення КСС відбивача

Зони	Для світорозподілу за схемою Г-2 [1]			
	$\alpha$	$\alpha$	$\varphi$	$\varphi$
1	$\alpha_0$	0	$\varphi_0$	0
	$\alpha_1$	5	$\varphi_1$	15
2	$\alpha_1$	5	$\varphi_1$	15
	$\alpha_2$	12	$\varphi_2$	30
3	$\alpha_2$	12	$\varphi_2$	30
	$\alpha_3$	20	$\varphi_3$	45
4	$\alpha_3$	20	$\varphi_3$	45
	$\alpha_4$	27	$\varphi_4$	60
5	$\alpha_4$	27	$\varphi_4$	60
	$\alpha_5$	37	$\varphi_5$	75
6	$\alpha_5$	37	$\varphi_5$	75
	$\alpha_6$	52	$\varphi_6$	90

Таблиця 7 – Допоміжні обчислення для визначення КСС відбивача

$\varphi_{cp}, \text{град}$	$I_{\varphi_{cp}}, \text{кД}$	$\Delta r, \text{мм}$	$r_{cp}, \text{мм}$	$\delta_{cp}$
35,57	1 575	19,83	145,92	5
50,57	2 000		165,75	15,5
64,5	2 300		185,58	26,75
80,57	2 425		205,42	38
95,57	2 500		225,25	49,75
110,57	2 325		245,08	63,5

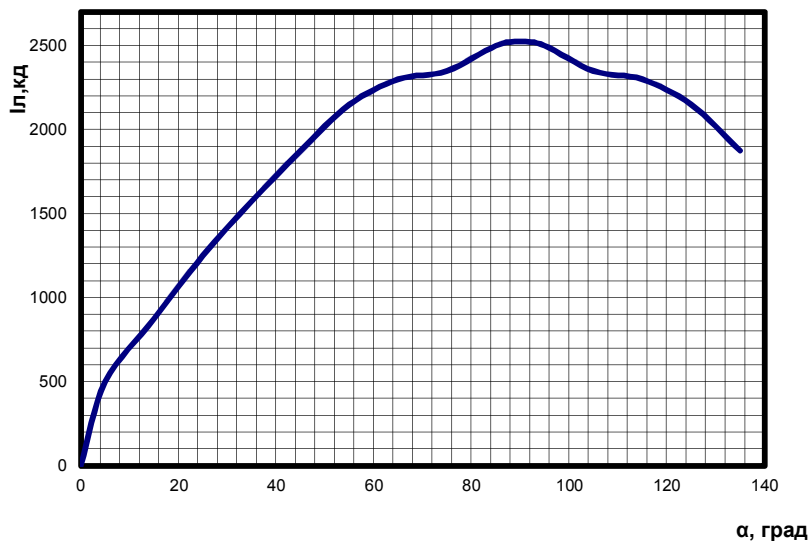


Рисунок 3 – КСС лампи ДНаТ-250

Використовуючи формули, запропоновані авторами робіт [2–5]:

$$L_{cm} = \frac{I_{\varphi_{cp}}}{A \sin \varphi_{cp}}, \text{ де } A = d_{дж} \cdot l_{дж};$$

$$\Lambda = \frac{I_{\alpha}}{\rho \cdot L_{cm}} \left( \frac{90}{\pi^2 \Delta \varphi \sin \varphi_{cp}} \right) = r_{cp}^2 \cdot K_{\alpha} \left( \frac{\cos(\delta_{cp} - \alpha)}{\cos(\varphi_{cp} - \delta_{cp})} \right)^{-1}, \text{ м}^2.$$

послідовно, для кожної зони, було розраховано всі характеристики, що наведені у таблиці 8, необхідні для розрахунку кривини профіля дзеркального відбивача СП зі світлорозподілом Г-2 під лампу ДНаТ-250.

Як видно з одержаних результатів, профіль відбивача є достатньо гладкий. Це було досягнуто тим, що кожний наступний радіус-вектор відрізняється від попереднього на сталу величину приблизно 20 мм.



Маючи початковий радіус-вектор 136 мм і визначену відстань  $fn = 255$  мм легко було знайти приріст у довжині радіус-вектора за очевидною формулою:  $\Delta r = \frac{fn - r_0}{6}$ , де 6 – кількість зон відбивача, що формують разом світлорозподіл Г-2.

Таблиця 8 – Комплексний розрахунок характеристик відбивача

зони	$\alpha^\circ$	I $\alpha$ , кд	$\rho \cdot L_{cm}$	$\frac{90}{\pi^2 \Delta \varphi \sin \varphi_{cp}}$	$\Lambda, m^2$	$r_1, mm$	$r_{cp}, mm$	$\frac{\cos(\delta_{cp} - \alpha)}{\cos(\varphi_{cp} - \delta_{cp})}$	K $\alpha$
Зона 1	0	12 669	2,61	1,05	570,90	136	145,92	1,16	0,2058
	1	12 620			5 051,37			1,16	0,2048
	2	10 370			4 150,77			1,16	0,1681
	3	5 970			2 389,60			1,16	0,0967
	4	160			64,04			1,16	0,0026
	5	0			0,00			1,16	0,0000
Зона 2	0	0	4,25	0,79	0,00	156	165,75	1,18	0,0000
	5	12 057			2 234,94			1,20	0,0677
	8	11 600			2 150,17			1,21	0,0646
	11	7 760			1 438,39			1,22	0,0430
	13	1 440			266,92			1,22	0,0080
	15	0			0,00			1,22	0,0000
Зона 3	5	0	7,20	0,67	0,00	176	185,58	1,17	0,0000
	7	200			18,70			1,19	0,0005
	10	2 760			258,07			1,21	0,0062
	15	10 808			1 010,57			1,24	0,0237
	20	6 590			616,19			1,26	0,0142
	25	0			0,00			1,26	0,0000
Зона 4	15	0	19,96	0,62	0,00	196	205,42	1,25	0,0000
	17	200			6,17			1,27	0,0001
	20	4 420			1 36,46			1,29	0,0025
	25	8 765			270,59			1,32	0,0048
	30	5 010			154,67			1,34	0,0027
	35	0			0,00			1,36	0,0000
Зона 5	25	0	34,71	0,61	0,00	215	225,25	1,30	0,0000
	26	450			7,92			1,31	0,0001
	31	5 570			98,01			1,36	0,0014
	35	6 310			111,03			1,39	0,0016
	40	3 480			61,23			1,41	0,0009
	45	0			0,00			1,43	0,0000
Зона 6	35	0	8,92	0,65	0,00	235	245,08	1,29	0,0000
	39	2 260			164,50			1,34	0,0020
	45	2 874			209,19			1,39	0,0025
	48	1 820			132,47			1,41	0,0016
	55	0			0,00			1,45	0,0000

## 4 РОЗРАХУНОК КОЕФІЦІЄНТУ ПІДСИЛЕННЯ І ККД СВІТЛОВОГО ПРИЛАДУ

ККД або  $\eta$  - коефіцієнт корисної дії і визначається за формулою:

$$\eta = \frac{\Phi_{\text{св}}}{\Phi_{\text{лампи}}} = \frac{\sum \Phi_i}{\Phi_{\text{лампи}}},$$

де  $\Phi_{\text{л}}$  – світловий потік лампи;

$\Phi_{\text{світ.}}$  – світловий потік світильника, тобто сума потоків усіх зон.

Світловий потік СП було визначено за методом зональних тілесних кутів.

Результати вказаного розрахунку наведені в таблиці 9.

Таблиця 9 – Розрахунок потоку СП

$\alpha$	$I_{\text{СП}}, \text{кдд}$	$\Delta\omega = 2\pi(\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)$	$\Phi_i = \Delta\omega_i \cdot I_{i,\text{сп}}$
0–10	12 557,3	0,095	1 192,9
10–20	11 682,8	0,283	3 306,2
20–30	10 014,9	0,463	4 636,8
30–40	7 644,3	0,628	4 800,6
40–50	4 748,7	0,774	3 675,4
50–60	1 545,1	0,879	1 358,1
			$\Sigma = 18 970$

$$\eta = \frac{\Phi_{\text{св.}}}{\Phi_{\text{лампи}}} = \frac{18 970}{25 000} = 75,8 \%$$

Коефіцієнт підсилення розраховано за формулою:

$$Kn = \frac{I_{\text{св.}(\text{max})}}{I_{\text{лампи}(\text{max})}} = \frac{12 668,8 \text{ кд}}{2 520 \text{ кд}} = 5,03.$$

Бачимо, що в результаті розрахунку маємо повне дотримання вимог, сформульованих у технічному завданні на проект:

$$\begin{aligned} KКД &\geq 50 \% , \\ Kn &\in [4; 10]. \end{aligned}$$

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Трембач В. В. Світлові прилади/В. В. Трембач. – М: Вища школа, 1990. – 463 с.
2. Баландаева Л. Г. Эффективная методика расчета формы зеркального отражателя светильника с требуемой КСС / Л. Г. Баландаева, Г. А. Петченко, А. И. Токмань // Коммунальное хозяйство городов : науч.-техн. сборник – Харьков : Техніка, 2003. – Вип. 53. – С. 207–210.
3. Решение обратной задачи применительно к нахождению оптимального профиля зеркального круглосимметричного отражателя в рамках метода элементарных отображений / Г. А. Петченко, Л. Д. Гуракова, Л. Г. Баландаева, и др. // Світлотехніка та електроенергетика. – Харьков : ХНАГХ , 2007. – № 1(9). – С. 40–44.
4. Дмитренко Т. В. Расчет световых приборов с экологически перспективными источниками света / Т. В. Дмитренко, Г. А. Петченко // Коммунальное хозяйство городов : науч.-техн. сборник. – Харьков : Техніка, 2006. – Вип. 74. – С. 381–384.
5. Апробация методики решения обратной задачи применительно к нахождению оптимальных габаритов отражателя светильника с заданным светораспределением / Г. А. Петченко, Л. Д. Гуракова, Л. Г. Баландаева, В. И. Степура // Тези допов. на XXXIV науково-техн. конференції / Харків. нац. 143 акад. міськ. госп-ва, Харків, квітень 2008 р. – Харків : ХНАМГ, 2008. – С. 40–41.
6. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю. Б. Айзенберга. – М. : Знак, 2006. – 972 с.
7. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт із навчальної дисципліни «Світлові прилади» (для студентів денної і заочної форм навчання напряму підготовки 6.050701 – Електротехніка та електротехнології, фахове спрямування «Світлотехніка і джерела світла») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. А. С. Литвиненко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 58 с.

## ДОДАТОК А

Таблиця А.1 – Основні параметри ламп ДНаТ і ДРІ [1]

Тип джерела	Φ, клм	Розміри лампи		Розміри світнього тіла	
		$D_l$ , мм	$l_l$ , мм	$D_{дж}$ , мм	$l_{дж}$ , мм
ДНаТ50	3,5	40	156	6	32
ДНаТ70	6,5	37	156	6	42
ДНаТ100	10	46	211	6,05	55
ДНаТ150	17	46	211	7,05	65
ДНаТ250	25	58	240	8,9	75
ДНаТ400	47	58	240	8,9	85
ДРІ 75	5,5	20	114	10	26
ДРІ 125	8,3	23	132	12	27
ДРІ 150	11	46	170	14	28
ДРІ 175	12	46	211	14	30
ДРІ 250	19	60	227	16	36,5
ДРІ 400	32	62	290	16,8	40
ДРІ 700	56	80	350	20	58
ДРІ 1000	90	176	390	22	86

Таблиця А.2 – КСС лампи ДНаТ в умовних одиницях [1]

$\alpha$	0	5	15	25	35	45	55	65	75	85	90
$I_{л.ум}(\alpha)$	0	20	35	50	63	75	86	92	94	100	101

Таблиця А.3 – КСС лампи ДРІ в умовних одиницях [1]

$\alpha$	0	5	15	25	35	45	55	65	75	85	90
$I_{л.ум}(\alpha)$	0	0,48	2,83	4,32	20,1	49,2	78,4	95,2	100,7	102,9	104

Таблиця А.4 – Типові КСС круглосиметричного СП [6]

$\alpha$ , град	Г 1	Г 2	Г 3	К 1	К 2	К 3
0	503	670,7	894,2	1 192	1 583	2 120
5	499,8	664,8	883,8	1 173	1 549	2 062
10	490,2	647,5	852,5	1 118	1 449	1 893
15	474,4	618,5	801,1	1 026	1 288	1 595
20	452,7	579,5	731,2	902	1 052	1 261
25	425,1	530,2	643,8	750	810	832
30	392,1	471,4	541,3	547	515	249
35	354,1	404,7	439,9	380	196	0
40	311,7	330,9	301	174	0	
45	265,3	251,4	168,8	0		
50	215,5	167,3	32,6			
55	162,9	81,8	0			
60	108,3	0				
65	52,6					
70	0					

Таблиця А.5 – Функція необхідного ходу падаючих і відбитих променів для Г і К – світлорозподілу [1–5]

Зони		Г	К		
1	$\alpha_0$	0	0	$\varphi_0$	0
	$\alpha_1$	5	3	$\varphi_1$	15
2	$\alpha_1$	5	3	$\varphi_1$	15
	$\alpha_2$	12	4	$\varphi_2$	30
3	$\alpha_2$	12	4	$\varphi_2$	30
	$\alpha_3$	20	8	$\varphi_3$	45
4	$\alpha_3$	20	8	$\varphi_3$	45
	$\alpha_4$	27	12	$\varphi_4$	60
5	$\alpha_4$	27	12	$\varphi_4$	60
	$\alpha_5$	37	20	$\varphi_5$	75
6	$\alpha_5$	37	20	$\varphi_5$	75
	$\alpha_6$	52	35	$\varphi_6$	90

*Виробничо-практичне видання*

Методичні рекомендації  
до виконання курсової роботи

**«Розрахунок світильника  
з регламентованим світлорозподілом»**

із навчальної дисципліни

**«СВІТЛОВІ ПРИЛАДИ»**

*(для студентів денної і заочної форм навчання зі спеціальності  
141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка)*

Укладачі: **ЛИТВИНЕНКО** Анатолій Савелійович,  
**ПЕТЧЕНКО** Гліб Олександрович,  
**ЛЯШЕНКО** Олена Миколаївна,  
**ДІДЕНКО** Олена Михайлівна

Відповідальний за випуск *Ю. О. Васильєва*  
Технічний редактор *В. І. Шалда*  
Комп'ютерне верстання *О. М. Діденко*

План 2018, поз. 271М

---

Підп. до друку 25.05.2020  
Друк на ризографі  
Зам. № .

Формат 60 × 84/16.  
Ум. друк. арк. 1,3.  
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:  
Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Маршала Бажана, 17, Харків, 61002.  
Електронна адреса: [rectorat@kname.edu.ua](mailto:rectorat@kname.edu.ua)  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 5328 від 11.04.2017.