

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

Кафедра світлотехніки
та електротехніки

**Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт
з курсу**

«ФОТОМЕТРІЯ»

*для студентів спеціальності 7(8).05070105
всіх форм навчання*



Тернопіль – 2015

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

Кафедра світлотехніки
та електротехніки

**Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт
з курсу**

«ФОТОМЕТРІЯ»

*для студентів спеціальності 7(8).05070105
всіх форм навчання*

Тернопіль – 2015

Курс лекцій з дисципліни «Фотометрія» для студентів спеціальності 7(8).05070105
«Світлотехніка і джерела світла»/

Укладач: к.т.н., доц. Костик Л.М.

Рецензент: д.т.н., проф. Андрійчук В.А.

Відповідальна за випуск: Костик Л.М.

Курс лекцій розглянуто і затверджено на засіданні кафедри світлотехніки та
електротехніки
Протокол № ____ від _____ 2015 р.

Схвалено і рекомендовано до друку методичною Радою ЕМФ Тернопільського
національного технічного університету імені Івана Пулюя.
Протокол № ____ від _____ 2015 р.

Лабораторна робота №1

ВИМІРЮВАННЯ СВІТЛОВОГО ПОТОКУ У ФОТОМЕТРИЧНІЙ КУЛІ

Мета роботи: освоїти методику вимірювання світлового потоку у фотометричній кулі.

Теоретичні відомості

Світловий потік є ефективним в системі світлових величин. Згідно ГОСТ 7637 він визначається як потужність променевої енергії, яка оцінюється за світловим сприйманням, яке вона створює.

Світловий потік випромінювання з суцільним спектром визначається з рівняння:

$$\Phi_v = 680 \int_0^{\infty} \varphi(\lambda) V(\lambda) d\lambda, \quad (1.1)$$

де $V(\lambda)$ – відносна видимість випромінювання; $\varphi(\lambda)$ – спектральна густина випромінювання джерела з довжиною хвилі λ ; 680 – еквівалент 1 Вт світлового потоку однорідного випромінювання з довжиною хвилі $\lambda = 555$ нм.

Одиниця світлового потоку – люмен – світловий потік, що розповсюджується в межах тілесного кута 1 ср, якщо сила світла джерела, розміщеного в його вершині, дорівнює 1 кд.

У лабораторній практиці інтегруючим пристроєм для вимірювання світлового потоку є світловимірна куля (кульовий фотометр), що являє собою кулю, внутрішня поверхня якої покрита матовою фарбою з високим коефіцієнтом відбивання. Джерело світла, розміщене всередині кулі, буде створювати освітленість окремих ділянок стінки кулі відповідно до характеру свого світлорозподілу. Кожен освітлений елемент поверхні кулі частину світлового потоку відбиває на внутрішню поверхню сфери. При цьому, на стінках кулі крім освітленості, створеної безпосередньо джерелом світла, спостерігається і освітленість від багаторазових відбивань. З теорії відомо, що освітленість, отримана на стінках кулі при багаторазових відбиваннях, однакова для будь-якої ділянки сферичної поверхні, пропорційна світловому потоку джерела світла:

$$E_1 = \frac{\Phi \cdot \rho}{4\pi \cdot r^2 \cdot (1 - \rho)}, \quad (1.2)$$

де Φ - світловий потік джерел світла, розміщеного в кулі;

r - радіус кулі;

ρ - коефіцієнт відбивання внутрішньої стінки кулі.

Повна освітленість на будь-якій ділянці поверхні буде рівна

$$E_n = E_0 + E_1, \quad (1.3)$$

де E_0 - освітленість, створена безпосередньо джерелом світла;

E_1 - освітленість, створена за рахунок багаторазових відбивань світлового потоку від стінок кулі.

Так як лише другий доданок цієї суми пропорційний світловому потоку джерела світла, розміщеного в кулі, перший доданок при вимірюванні усувається. Це здійснюється розміщенням непрозорого екрана, який перешкоджає доступу світла від прямих променів на ділянку, де проводяться вимірювання освітленості від багаторазових відбивань світлового потоку стінками кулі.

Для вимірювань через невеликий отвір в площині сфери розміщують приймальну пластинку фотометра, фотоелемент і пластинку з молочного скла. Для визначення числового значення світлового потоку джерела в люменах необхідно зробити два виміри освітленості. Встановивши всередині кулі еталонне джерело, світловий потік якого відомий, проводиться перше вимірювання.

Виміряна при цьому освітленість буде:

$$E_{em} = \frac{\Phi_{em}}{4\pi \cdot r^2} \cdot \frac{\rho}{1-\rho}. \quad (1.4)$$

Освітленість при встановленні в кулю дослідного джерела може бути аналогічно виражена як

$$E_x = \frac{\Phi_x}{4\pi \cdot r^2} \cdot \frac{\rho}{1-\rho}. \quad (1.5)$$

На основі отриманих при вимірюваннях значень освітленості E_{em} і E_x визначається світловий потік дослідного джерела:

$$\Phi_x = \frac{\Phi_{em} \cdot E_x}{E_{em}}. \quad (1.6)$$

В деяких випадках для спрощення виготовлення пристрою замість кулі використовують куб, циліндр, дванадцятигранник та інші багатогранники. Теорія кулі для них застосовується лише з наближенням, степінь якого недостатньо визначена. Ці прилади менш точні, ніж куля. В реальності і для кулі викладена теорія є лише наближеною, так як важко зробити внутрішнє фарбування однаковою і ідеально матовим, як вимагається.

Для безпосереднього вимірювання світлового потоку ламп використовується світловимірна куля з фотоелементом. Електрична схема з'єднань забезпечує можливість установки всередині кулі лампи розжарювання, еталона і розрядної лампи. При вимірюванні параметрів рекомендується використовувати схему на рис.1.1.

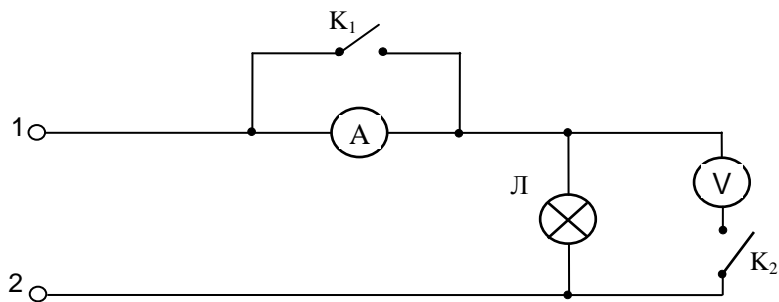


Рисунок 1.1. Схема для вимірювання електричних параметрів лампи:
1,2 - клеми для підключення до блоку живлення; Л-дослідна лампа.

Напругу лампи потрібно знімати безпосередньо з контактів лампового патрона.

Електровимірювальні прилади при живленні змінним струмом повинні відповідати вимогам ГОСТ 1845-59. Клас точності електровимірювальних приладів повинен бути не нижче 0,5. Струм, споживаний підключеними паралельно лампі електровимірювальними приладами, не повинен перевищувати 3% від номінального значення струму лампи, а падіння напруги в послідовно включених електровимірювальних приладах не повинно перевищувати 2% від величини напруги лампи.

Електровимірювальні прилади повинні підбиратись таким чином, щоб при вимірюваннях їх покази перевищували першу половину шкали.

Вимоги до фотометричного обладнання

1. Спектральна чутливість приймача випромінювання повинна відповідати стандартній кривій видимості (світловій ефективності) по ГОСТ 11050-64.

2. В системі «приймач випромінювання – реєструючий прилад» для фотоструму в межах вимірювальних світлових величин повинна зберігатись пряма пропорційна залежність між освітленістю приймача випромінювання і фотострумом. При відхиленні від пропорційності більше ніж на $\pm 1.5\%$ потрібно вводити поправки, які відповідають графіку залежності фотоструму від освітленості приймача випромінювання.

3. В інтервалі робочих температур інтегральна чутливість приймача не повинна змінюватись більше ніж на 0,5%. При великих змінах інтегральної чутливості потрібно враховувати залежність чутливості приймача випромінювання від температури чи застосовувати термостатування приймача при номінальній температурі.

4. Для забезпечення відтворення вимірів необхідне попереднє освітлення приймача випромінювання протягом 10-15 хв при освітленості, яка складає 100-150% значення робочої освітленості.

5. Для фіксування потоку потрібно використовувати гальванометри чи мікроамперметри магнітоелектричної системи класу точності не нижче 1,0. Внутрішній опір приладу повинен бути таким, щоб забезпечувалась лінійна залежність фотоструму від освітленості в діапазоні вимірювальних величин.

Чутливість вимірювальних приладів слід вибирати так, щоб відлік в даних межах вимірювання був не менше половини всієї шкали.

6. Нейтральні світлофільтри повинні відповідати таким вимогам:

а) пропускання світлофільтра не повинно бути селективним в видимій області спектру;

б) інтегральний коефіцієнт пропускання повинен бути відомим.

В якості нейтральних світлофільтрів рекомендується використовувати скляні світлофільтри НС-7, НС-8, НС-9, НС-10 або сітчасті.

7. Для світлових вимірювань повинні використовуватись світловимірювальні лампи по ГОСТ 10771-64, що мають свідоцтво перевірки.

Вимірювання світлового потоку проводиться на установці, схема якої показана на рис.1.2.

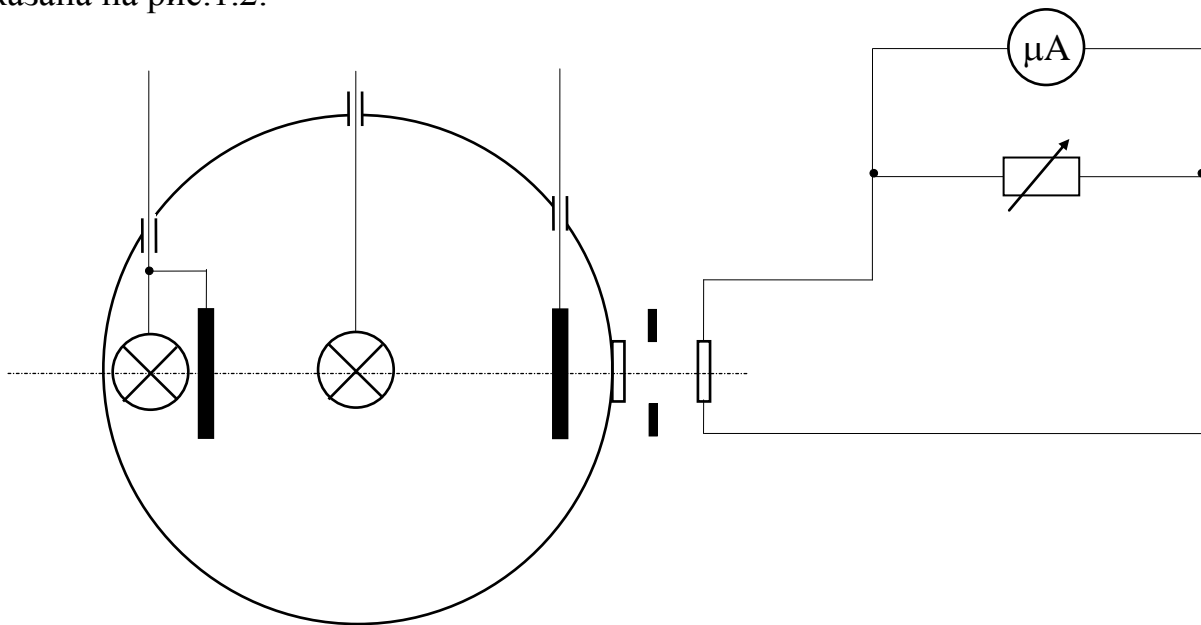


Рисунок 1.2. Схема кульового фотометра

Як інтегратор використовують світловимірну кулю, внутрішня поверхня якої пофарбована білою матовою фарбою.

Розмір кулі відповідає розміру вимірювальної лампи і забезпечує постійну температуру кулі всередині. Діаметр складає не менше шестикратного значення загальної довжини ламп (без цоколя), а для трубчастих – не менше 1,5-кратного значення загальної довжини.

Фотометричний отвір світловимірної кулі не перевищує 0,1 діаметра кулі.

Світлорозсіююче скло в фотометричному отворі встановлюється в площині, дотичній до поверхні світломірної кулі. Поверхня світлорозсіюючого скла, повернутого до внутрішньої стінки кулі, матова. Коефіцієнт пропускання його відомий. Таке скло є неселективним, розподіл пропущеного світла – розсіяний. Скло не повинно флюорисувати.

Екран світловимірної кулі за своїми розмірами і розташуванням по відношенню до фотометричного отвору забезпечує захист отвору від прямих променів лампи. Величина екрана повинна бути такою, щоб забезпечувати захист фотометричного отвору від прямих променів лампи і отримувати найменше

затемнення фотометричного отвору. Діаметр тіні не повинен перевищувати подвійний діаметр фотометричного отвору.

Екран знаходиться від світлового центра лампи на 0,3–0,5 відстані між лампою і фотометричним отвором.

При вимірюваннях ламп різних габаритних розмірів величина екрана повинна бути розрахована за найбільшими розмірами ламп.

При потребі проведення вимірювань підвищеної точності для уникнення впливу пристосувань, що знаходяться в кулі, на результат вимірювань всередині кулі встановлюється допоміжна лампа розжарення, розташована на протилежній стороні від фотометричного отвору. Перед цією лампою ставлять непрозорий екран, що захищає від попадання випромінювання на досліджувану або світловимірювальну лампу. Допоміжна лампа повинна мати стійкі електричні і світлові параметри.

Пристосування для установки і включення ламп, екрани, їх підтримка, що знаходиться всередині кулі, повинні бути пофарбовані тією ж фарбою, що і вся внутрішня поверхня світловимірної кулі. Розташування цих пристосувань під час вимірювань не повинно змінюватися.

Для проведення вимірювань світлового потоку *використовується метод порівняння*, який оснований на почерговому порівнянні освітленості фотометричного отвору світловимірної кулі при дослідній і світловимірній лампі з відомим потоком. Світловимірна і досліджувана лампи повинні мати якомога близькі кольорову температуру і світлорозподіл. Світні центри досліджуваних і світловимірювальних ламп рекомендується встановлювати в центрі кулі, відхилення в обидві сторони не повинні перевищувати половини радіуса кулі. При встановленому екрані жоден з елементів досліджуваної і світловимірювальної ламп не повинен спостерігатись із фотометричного отвору.

Вимірювання з люмінесцентною лампою в усіх випадках проводиться з одним і тим же дроселем і при незмінній напрузі живлення.

Встановлення софітних чи трубчастих ламп повинно здійснюватись таким чином, щоб центральна вісь лампи співпадала з віссю світловимірної кулі, яка проходить через центр фотометричного отвору.

Встановлення ламп з плоским тілом розжарення повинно відбуватись таким чином, щоб площина тіла розжарення була перпендикулярна площині екрана.

Встановлення ламп з відбиваючим шаром повинно відбуватись в відповідності зі стандартними і технічними вимогами.

При фотометруванні ламп з напрямленим світлорозподілом вісь світлового пучка повинна бути направлена перпендикулярно лінії, що з'єднує центр світловимірної кулі з центром фотометричного отвору.

При проведенні вимірювань у світловимірну кулю почергово поміщується розрядна лампа та еталонна світловимірювальна лампа і знімаються відліки n_1 , n_2 , m_1 , m_2 .

Світловий потік вимірювальної лампи обчислюється за формулою:

$$\Phi_x = \frac{\Phi_{em}}{n_1} \cdot n_2 \cdot \frac{m_1}{m_2},$$

де Φ_x - світловий потік вимірювальної лампи;
 Φ_{em} - світловий потік еталонної лампи;
 n_1 - покази гальванометра при дії еталонної лампи;
 n_2 - покази гальванометра при дії вимірювальної лампи;
 m_1 - покази гальванометра при дії допоміжної лампи і наявності в кулі світловимірювальної лампи;
 m_2 - покази гальванометра при дії допоміжної лампи і наявності еталонної лампи.

При вимірюванні світлового потоку лампи розжарювання у фотометричній кулі допоміжна лампа відсутня. Тут світловий потік визначається за формулою:

$$\Phi_x = \frac{\Phi_{em}}{n_1} \cdot n_2.$$

Порядок виконання роботи

1. Виміряти світловий потік лампи розжарення при номінальній напрузі і визначити світлову віддачу. Результати вимірювань занести в таблицю 1.1.

Таблиця 1.1

Лампа типу _____

	n_1 , ПОД.	n_2 , ПОД..	Φ_{em} , ЛМ	Φ_x , ЛМ
Середнє значення світлового потоку Φ_2 , ЛМ				
Світлова віддача S , ЛМ/Вт				

2. Провести вимірювання світлового потоку розрядної лампи в світловимірній кулі за еталомом світлового потоку, визначити світлову віддачу. Результати вимірювань занести в табл.1.2 і побудувати графіки часових залежностей $U_{л}=f(t)$, $P=\varphi(t)$, $n_{л}=\chi(t)$, $I=\psi(t)$.

Таблиця 1.2

Лампа типу _____

$\Phi_{em} =$ _____ ЛМ; $n_1 =$ _____ ПОД.; $m_1 =$ _____ ПОД.; $m_2 =$ _____ ПОД.

t , хв.	1	2	4	6	8	10	12	16	20
$U_{л}$, В									
I , А									
P , Вт									
n_2 , ПОД.									
$U_{ном}$, В									
Φ_x , ЛМ									
Світловідача S , ЛМ/Вт									

3. Співставити значення світлової віддачі люмінесцентної лампи і лампи розжарення.

Контрольні питання

1. Пояснити теорію світловимірної кулі.
2. Дати визначення поняття світлового потоку і одиниці його вимірювання.
3. Розповісти про призначення екрану всередині кулі.
4. Дати визначення кольорової температури.
5. Розповісти про призначення корегуючого світлофільтра.
6. Як вимірюється світловий потік у фотометричній кулі?

Лабораторна робота №2

ВИМІРЮВАННЯ СИЛИ СВІТЛА НА ФОТОМЕТРИЧНІЙ ЛАВІ

Мета роботи: Ознайомитися з методами вимірювання сили світла. Навчитись практично визначати силу світла.

Теоретичні відомості

Сила світла визначається відношенням світлового потоку $d\Phi$ до тілесного кута $d\omega$, в межах якого він обмежений і рівномірно розподілений:

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega}. \quad (2.1)$$

В лабораторних умовах вимірювання сили світла найчастіше проводиться на фотометричній лаві, яка називається *лінійним фотометром*. Фотометрична лава являє собою пристрій, в якому вздовж направляючих з нанесеною міліметровою шкалою можуть переміщуватися фотометрична головка і джерела світла, що порівнюються.

Технічні вимірювання сили світла виконуються прямим порівнянням дослідного джерела з взірцевим по схемі рис.2.1,а. Добиваючись рівності яскравостей полів порівняння фотометричної головки, силу світла визначають з виразу:

$$I_x = I_0 \cdot \frac{l_x^2}{l_0^2}, \quad (2.2)$$

де I_x і I_0 – сила світла досліджуваного джерела і взірцевої лампи при напрузі, вказаній в її паспорті;

l_x і l_0 – відстань від досліджуваної і взірцевої лампи до пластин фотометричної головки.

На практиці втрати світла в двох оптичних каналах фотометричної головки неоднакові і рівність наведена рівність є наближеною, що є джерелом систематичної похибки при вимірюванні сили світла I_x . Для її усунення при вимірюваннях з підвищеною точністю використовують схему заміщення. В цьому випадку фотометрична головка при переміщенні звичайно залишається жорстко зв'язаною з додатковою лампою порівняння (рис.2.1,б).

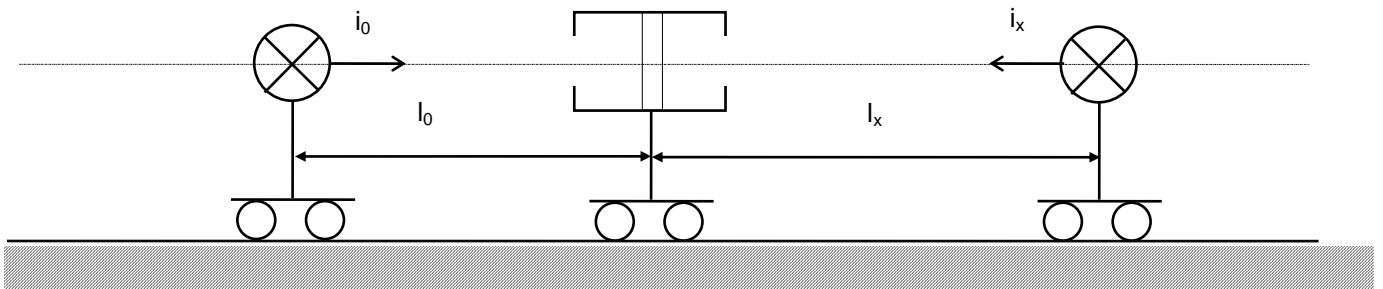
При фотометруванні по схемі заміщення спочатку прирівнюють яскравості полів порівняння, взірцевою лампою і лампою порівняння. При цьому справедливою рівність

$$I_0 = c \cdot I_{cp} \cdot \frac{l_0^2}{l_{cp}^2}, \quad (2.3)$$

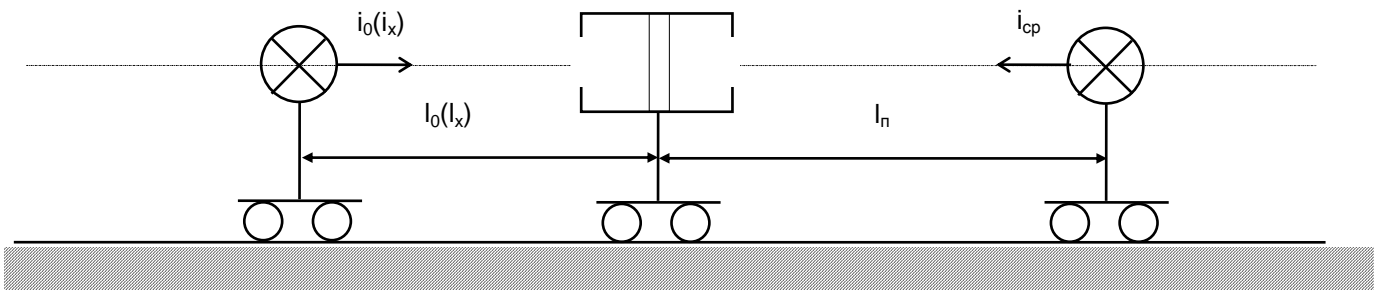
де c – коефіцієнт, який залежить від відношення втрат в оптичних каналах фотометричної головки;

l_{cp} – відстань від лампи порівняння до пластини головки;

I_{cp} – сила світла лампи порівняння.



а)



б)

Рисунок 2.1. Схеми вимірювання сили світла: а) методом безпосереднього порівняння; б) методом заміщення

Потім, замість взірцевої лампи встановлюється досліджувана. Після досягнення фотометричної рівності будемо мати

$$I_x = c \cdot I_{cp} \cdot \frac{l_x^2}{l_{cp}^2}. \quad (2.4)$$

Розв'язуючи сумісно два рівняння, знову одержуємо формулу (2.2), в якій на цей раз сила світла визначена без систематичної помилки, викликані недосконалістю головки.

Одержане рівняння основане на законі квадратів відстаней і справедливе для точкових випромінювачів, в яких розміри світного тіла в багато разів менші від відстані до пластини фотометричної головки.

При вимірюванні сили світла джерел з великими розмірами світних поверхонь відстань фотометрування вибирають з врахуванням цих розмірів і необхідної точності вимірювань.

При вимірюванні сили світла на фотометричній лаві методами фізичної фотометрії як правило використовують селенові фотоелементи, обладнані

світлофільтрами, які виправляють спектральну чутливість приймача під стандартну функцію відносної спектральної світлової ефективності $V(\lambda)$.

Залежність фотоструму селенового фотоелемента $I=f(E)$ може відрізнятися від лінійної. Найпростішим прикладом виключення нелінійності є використання системи “фотоелемент–мікроамперметр” в режимі індикації однакової освітленості, яка створюється взірцевим і дослідними джерелами світла (метод рівних фотострумів). При вимірюванні сили світла таким методом фотоелемент почергово освітлюють цими джерелами і підбирають такі відстані l_0 і l_x , при яких покази мікроамперметра I_0 і I_x будуть однакові. Сила світла досліджуваної лампи і в цьому випадку визначається за формулою (2.2).

Точніше рівняння освітленостей $E_x=E_0$ можна отримати при використанні потенціометричної (компенсаційної) схеми включення фотоелемента (рис.2.2). Фотострум, який виникає при освітленні фотоелемента, компенсується за допомогою потенціометра R_2 , включеного в коло допоміжного електричного елемента E . Для фіксації рівності фотоструму I_ϕ і компенсуючого струму I_k служить нуль-індикатор.

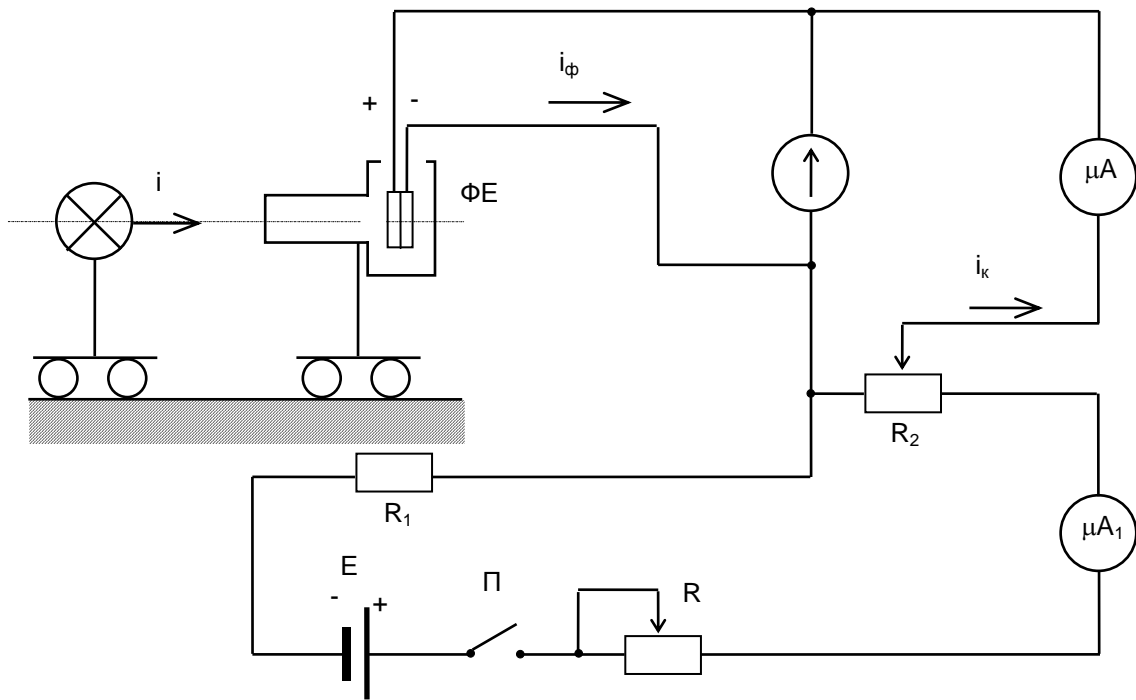


Рисунок 2.2. Вимірювання сили світла методом фізичної фотометрії.

При проведенні вимірів спочатку встановлюють взірцеву лампу сили світла на деякій відстані l_0 від фотоелемента і за допомогою потенціометра R_2 добиваються нульового показу нуль-індикатора. Потім замість взірцевого джерела світла встановлюють досліджуване джерело i , не змінюючи стану компенсуючої схеми, пересувають каретку з фотоелементом вздовж лавки до отримання нульового відліку нуль-індикатора. Вимірявши отриману відстань від досліджуваної лампи до фотоелемента l_x визначають силу світла досліджуваної лампи за формулою (2.2).

Точність порівняння освітленостей $E_x=E_0$ і, відповідно, точність вимірювання сили світла тепер буде визначатися чутливістю нуль-індикатора і постійністю

компенсуючого струму. Тому в якості нуль-індикатора використовують чутливий гальванометр з ціною поділки не більше $1 \cdot 10^{-8}$ А/под. Для контролю і підтримки постійності компенсуючого струму в схемі передбачено міліамперметр і реостат R.

Вимірювання сили світла на фотометричній лавці можна проводити з використанням фотоелектричних люкметрів. В цьому випадку фотоелемент встановлюється на місце фотометричної головки і освітлюється досліджуваним і взірцевим джерелами світла, які по чергову встановлюються на нерухомій каретці. Якщо в приладі існує пряма залежність між фотострумом і освітленістю, то за показами приладу сила світла дослідного джерела може бути найдена із співвідношення:

$$I_x = I_0 \frac{n_x}{n_0}, \quad (2.5)$$

де n_x, n_0 - покази прилада при освітленні фотоелемента дослідним і взірцевим джерелом.

У простішому випадку силу світла дослідного джерела можна визначити і без взірця, користуючись показами люкметра:

$$I_x = \frac{E}{l_x^2} \quad (2.6)$$

де E – освітленість по шкалі приладу, лк;

l_x – відстань від дослідного джерела до площини фотоелемента, м.

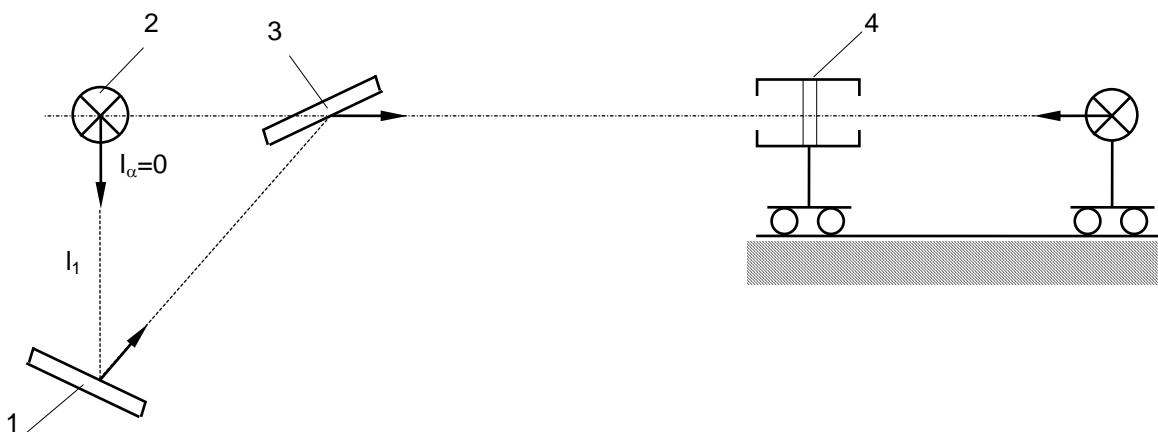


Рисунок 2.3. Схема розподільчого фотометра.

При вимірюванні сили світла за допомогою фотоелементів необхідно ретельно слідкувати за тим, щоб площина фотоелемента була чітко перпендикулярна до осі фотометричної лавки.

Для побудови кривих сили світла світильників необхідно вимірювати значення сили світла світильника в різних напрямках простору.

З цією метою використовуються прилади, які називаються розподільчими фотометрами. *Розподільчий фотометр* (рис.2.3) складається з двох дзеркал, одне з

яких 1 закріплене на поворотній штанзі і може обертатися навколо досліджуваного світильника 2. Друге дзеркало 3 жорстко зв'язане з першим, причому його положення і нахил вибрані з таким розрахунком, щоб світловий промінь досліджуваного світильника, відбиваючись від першого дзеркала, попадав на друге дзеркало і направлявся у фотометричну головку 4 або на фотоелемент, який встановлюється замість головки.

Повертаючи штангу із дзеркалами навколо нерухомого штативу, на якому закріплений світильник, в межах від нульового напрямку, яке відповідає розміщенню дзеркала 1 під світильником, до напрямку 180° , яке відповідає положенню того ж дзеркала над світильником, проводять вимірювання сили світла через кожні 10° . Напрямок вимірювання, який фіксується по лімбу на штативі, вибирається 0, 5, 15, 25 і т.д. до 175° .

Виміряні значення сили світла наносяться на графік полярних координат. З'єднвши плавною кривою кінці радіус-векторів сили світла, отримують повздовжню криву сили світла світильника.

Повертаючи досліджуваний світильник на штативі навколо вертикальної осі, описаним способом можна виміряти значення сили світла і побудувати криві сили світла світильника для будь-якої повздовжньої площини.

Вимірювання сили світла на розподільчому фотометрі вимагає попередньої ретельної установки і перевірки правильності взаємного розміщення всіх його елементів, що повинно гарантувати чітко перпендикулярне розміщення приймального екрану фотометричної головки або площини фотоелемента до напрямку вимірювання сили світла.

Вимоги до фотометричного обладнання

Установка складається з фотометричної лавки з чотирма пересувними каретками для установки фотометричної головки, тримачів світла, фотоелемента і вимірювача відстаней.

Каретка обладнана візирами з підсвіткою для відліку положення по шкалі лавки. Несуча висувна труба каретки з встановленим на ній приладом може плавно переміщуватися під плитою каретки. Конструкція тримача джерела передбачає поворот лампи з патроном навколо її осі, горизонтальне переміщення поперек осі лавки і нахил лампи в двох площинах для установки тіла розжарення у вертикальне положення.

Для зменшення розсіяного світла і запобігання осліпленості спостерігачів прямим світлом джерел, на лавці встановлюються екрани, схеми розміщення яких показана на рис.2.4

Живлення установки здійснюється від стабілізатора напруги. Електричні режими джерел світла регулюються лабораторними автотрансформаторами і контролюються вольтметрами класу точності не нижче 0,5.

Селеновий фотоелемент з коригуючим світлофільтром встановлений в тубусі, який видаляє сторонню засвітку.

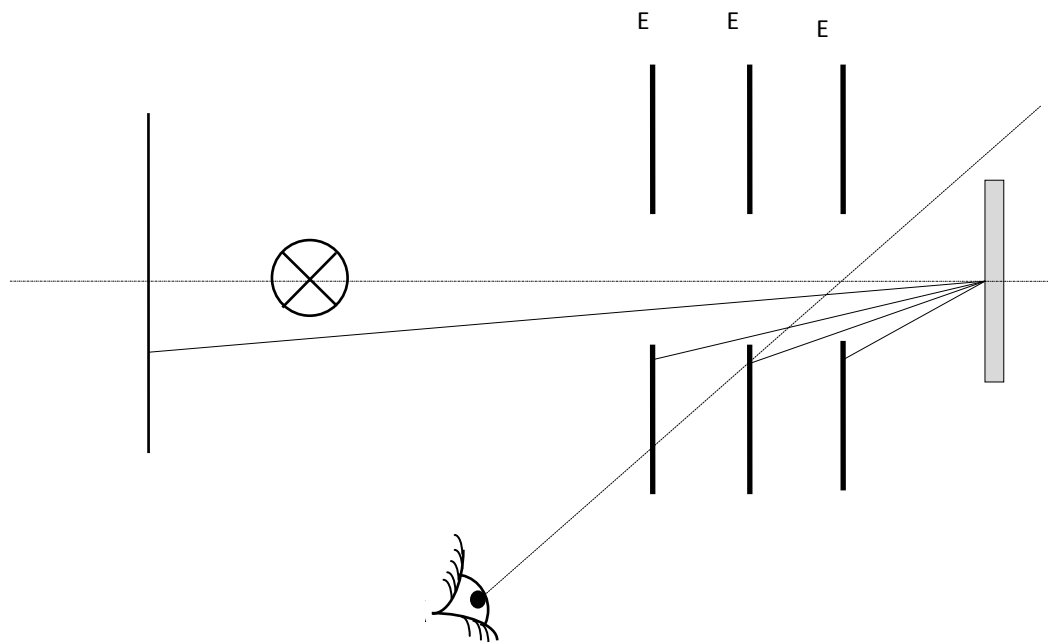


Рисунок 2.4. Схема розміщення екранів на лавці.

Фотоелемент може підключитися як безпосередньо до мікроамперметра, так і до компенсуючої схеми (рис.2.2).

Схема сучасної фотометричної головки з оптичним кубиком приведена на рис.2.5. Головка складається з оптичного кубика 1, двох плоских дзеркал 2 і гіпсового екрана 3. Всі перераховані елементи розміщені в кожуху 4 і оснащені окуляром 5.

Найбільш відповідальною і складною деталлю фотометричної головки є оптичний кубик. Кубик (рис.2.6) складається з двох скляних призм 1, які ретельно пришліфовані одна до одної або склеєні канадським бальзамом. На дотичній грані однієї з призм частина поверхні 2 видовбана, в результаті чого в цих місцях фотометричний контакт між призмами відсутній.

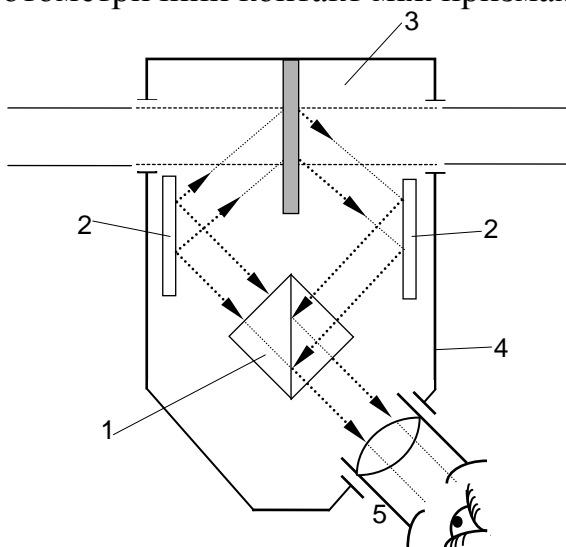


Рисунок 2.5. Схема фотометричної головки.

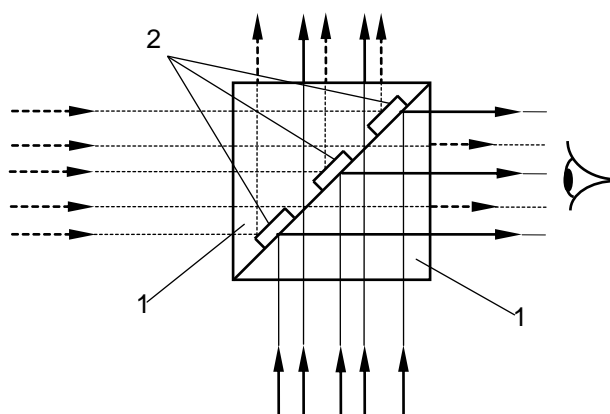


Рисунок 2.6. Оптичний кубик.

Якщо на грані такого кубика направити світловий потік від двох різних джерел, розміщених по кінцях фотометричної лави, що забезпечується гіпсовим екраном і двома дзеркалами фотометричної головки (див. рис. 3.5), то світлові промені в місцях оптичного контакту будуть походити через обидві призми, а в місцях, де оптичний контакт відсутній, будуть зазнавати повного внутрішнього відбивання.

Спостерігаючи кубик через окуляр, ми будемо бачити поле порівняння, яке складається з двох половинок, утворених протилежними сторонами гіпсового екрану, яскравість яких буде залежати від сили світла і положення джерела світла відносно фотометричної головки.

Для підвищення точності вимірювання на шляху променів, які йдуть від кожного з джерел, розміщують пластинки з прозорого оптичного скла, які частково поглинають світловий потік і створюють додаткові яскравісні контрасти на обох половинках поля порівняння (контрастний кубик).

При вимірюванні сили світла досліджуване джерело і взірець нерухомо закріплюються, а фотометрична головка переміщується на каретці по направляючих фотометричної лави до тих пір, поки яскравість обох сторін гіпсового екрану не зрівняється і не зникне границя, яка розділяє поля порівняння.

В якості робочих взірців сили світла застосовуються лампи розжарення особливої конструкції. Тіло розжарення таких ламп монтується у вертикальній площині, що дозволяє точніше здійснити відлік відстані від взірця до фотометричної головки (рис.2.7). Форма колби лампи вибрана з тим розрахунком, щоб виключити попадання на фотометричну головку променів, які відбиті від задньої стінки колби лампи.

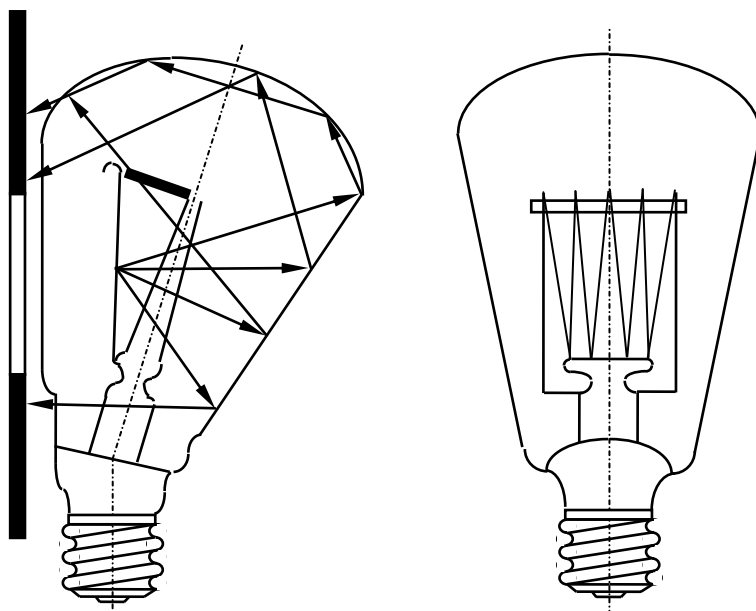


Рисунок 2.7. Еталони сили світла.

Робочі взірці сили світла володіють стабільними характеристиками і періодично порівнюються з більш точними взірцями сили світла.

Вказівки до виконання роботи

Перед виконанням кожного пункту завдання необхідно провести юстування установки, розташувавши всі елементи вимірювальної схеми (тіла розжарення джерел світла, пластинку фотометричної головки, фотоелемента, екрани) на загальній оптичній осі.

Тримачі джерел світла повинні бути відрегульовані так, щоб напрямки, в яких задана сила світла досліджуваної лампи їх, співпали з оптичною віссю установки.

Умова роботи ока з фотометричною головкою повинні відповідати умовам денного бачення. Тому відстані фотометрування повинні бути такими, щоб яскравість поля порівняння при вимірюванні сили світла була не менше 4 кд/м^2 .

Для точного визначення відстані між елементами вимірювальної схеми використовується вимірювач відстані (ВВ), який встановлюється на пересувній каретці. Нехай відліки по вказівках кареток, на яких встановлені елементи схеми (наприклад, лампа розжарення і фотометрична головка), рівні l_1 і l_2 .

Порядок виконання роботи

1. Виміряти силу світла лампи розжарення методом безпосереднього порівняння. Напряга на дослідній лампі і кількість відліків при вимірюваннях задається викладачем.

2. Виміряти силу світла лампи розжарення по схемі заміщення, з'єднавши каретки лампи порівняння і фотометричної головки.

Напряга на дослідній лампі і кількість відліків при вимірюваннях задається викладачем.

3. Виміряти силу світла лампи розжарення фотоелектричним методом. Число відліків при вимірюваннях те ж, що в п.1.

4. Дані вимірювання занести в табл.2.1.

Таблиця 2.1.

№	I_0	I_0	I_x	I_x	ΔI	ε
1						
2						
3						
4						
5						
Середнє значення						

5. Розрахувати і порівняти похибки вимірювання сили світла різними методами.

6. Зняти криву сили світла лампи розжарення в горизонтальній і вертикальній площинах. Дані вимірювань занести в табл.2.2. Побудувати графіки $I_e=f(\varphi)$ і $I_e=\chi(\varphi)$.

Таблиця 2.2.

φ , град	10	20	30			340	350	360
n_z , ПОД								
n_{θ} , ПОД								
I_z , кД								
I_{θ} , кД								
$l=$						$c=$		

Контрольні запитання

1. Що називається силою світла?
2. Дати визначення, що таке кандела.
3. Будова лінійного фотометра.
4. Вимірювання сили світла методом заміщення.
5. Як виміряти силу світла лампи розжарення фотоелектричним методом?
6. Розрахунок похибок вимірювання сили світла при різних методах вимірювання.
7. Статична обробка результатів вимірів сили світла.
8. Вимірювання сили світла методом безпосереднього порівняння.
9. Вимірювання сили світла розподільчим фотометром.

Лабораторна робота № 3

ВИМІРЮВАННЯ ЯСКРАВОСТІ

Мета роботи: Ознайомитися з методами вимірювання яскравості. Освоїти методику вимірювання габаритної та максимальної яскравості.

Теоретичні відомості

Відношення сили світла елемента випромінюючої поверхні у вибраному напрямку до площі проекції цього елемента на площину, перпендикулярну даному напрямку, називається *яскравістю поверхні в заданому напрямку*:

$$L_{\alpha} = \frac{dI_{\alpha}}{dA \cos \alpha}, \quad (3.1)$$

де L_{α} – яскравість ділянки поверхні в напрямку α ;

dL_{α} – сила світла в напрямку α ;

dA – площа вибраної ділянки;

α – кут між вибраним напрямком і нормаллю до вибраної ділянки.

За одиницю яскравості прийнято яскравість такої плоскої поверхні, яка в перпендикулярному напрямі випромінює силу світла в одну канделу (1кд) з 1 м^2 випромінюючої поверхні. Одиниця яскравості – кандела на квадратний метр.

Для визначення яскравості поверхні досить великих розмірів непрямим методом розглянемо елемент випромінюючої поверхні dA_1 , який освітлює елемент поверхні dA_2 , що знаходиться на відстані r від нього. Нехай нормаль n_1 першої площадки створює кут φ_1 , а нормаль n_2 другої площадки – кут φ_2 з напрямком пучка випромінювання (рис.3.1).

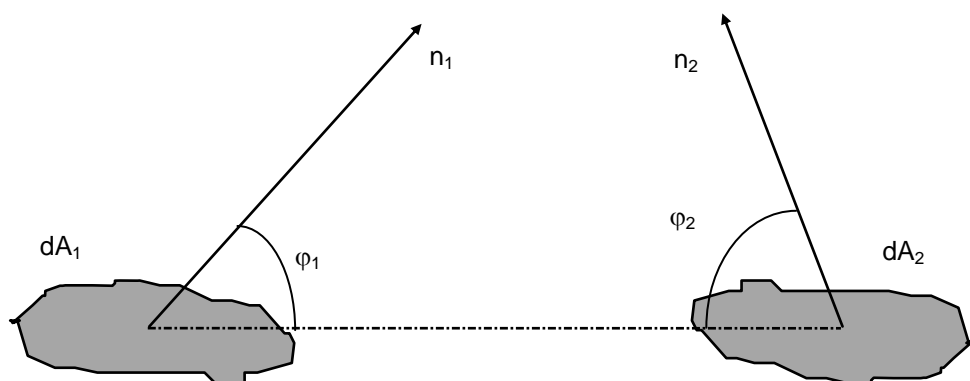


Рисунок. 3.1. Геометрія для визначення яскравості поверхні великих розмірів.

Світловий потік, що падає з першої площадки на другу, можна представити у вигляді:

$$d\Phi_2 = L \frac{dA_1 \cos \varphi_1 dA_2 \cos \varphi_2}{r^2}. \quad (3.2)$$

Коефіцієнт пропорційності L – це яскравість випромінюючої площадки. З іншого боку світловий потік, що падає на площадку dA_2 , можна представити як добуток її освітленості dE_2 на величину площі dA_2 :

$$d\Phi_2 = dE_2 \cdot dA_2. \quad (3.3)$$

Виходячи з (3.2) і (3.3) можна знайти зв'язок між яскравістю випромінюючої поверхні dA_1 і освітленістю поверхні dA_2 :

$$L = \frac{dE_2 \cdot r^2}{dA_1 \cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2}. \quad (3.4)$$

Якщо площадки dA_1 і dA_2 паралельні між собою і перпендикулярні до напрямку пучка випромінювання, тоді формула (3.4) прийме вигляд

$$L = \frac{dE_2 \cdot r^2}{dA_1}. \quad (3.5)$$

Схема вимірювальної установки, що використовує цю залежність зображена на рис.3.2.

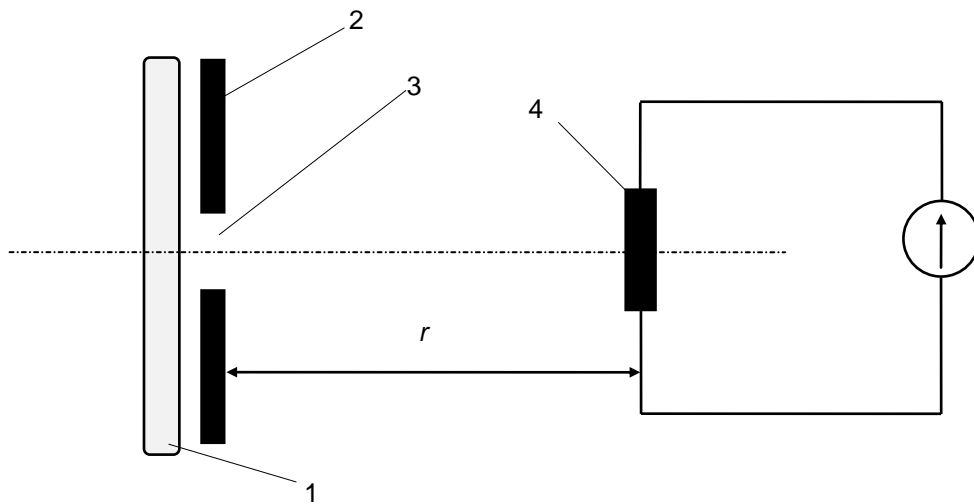


Рисунок. 5.2. Схема установки для вимірювання яскравості.

Впритул до випромінюючої поверхні 1 ставиться екран 2 з отвором 3. На деякій відстані r від екрану розміщується фотоелемент 4 люксметра. Знаючи освітленість фотоелемента, площу отвору екрана і відстань від екрана до фотоелемента, можна за формулою (3.5) визначити яскравість випромінюючої поверхні, до якої приставлено отвір екрана.

При спостереганні світильників, як правило, одночасно видно поверхні, що мають різну яскравість. Тому, перед усім, нормується значення середньої або так званої габаритної яскравості.

Габаритна яскравість $L_{габ}$ визначається відношенням сили світла світильника в даному напрямку до площі проекції випромінюючої поверхні світильника на площу, перпендикулярну цьому напрямку

$$L_{габ} = \frac{I_{\alpha}}{A_{\alpha}}, \quad (3.6)$$

де I_{α} – сила світла в напрямку вимірювання;

A_{α} – площа проекції випромінюючої поверхні на площину, перпендикулярну напрямку вимірювання.

Опис установки

Установка для вимірювання максимальної яскравості «яскравомір» побудована по схемі, зображеній на рис.3.2. Принцип дії установки базується на вимірюванні освітленості, що створюється в площині фотоелемента, через діафрагму певної площі на заданій відстані від фотоелемента. Підібравши певним чином площу діафрагми і відстань до фотоелемента можна добитися того, щоб вимірювана яскравість була кратна величині освітлення площини фотоелемента. Так підставляючи в формулу (3.5) значення площі отвору, що дорівнює $6,25 \text{ см}^2$ і $r=25 \text{ см}$, одержимо:

$$L = dE_2 \cdot 10^2 \text{ кд/м}^2. \quad (3.7)$$

Габаритну яскравість світильника під різними кутами спостереження визначають з допомогою поворотної установки і люксметра. Поворотна установка дозволяє фіксувати напрямок спостереження, а за допомогою люксметра визначається сила світла світильника в заданому напрямі.

Вказівки до виконання роботи

Вимірювання яскравості повинні вимірюватися в затемненому приміщенні, стіни, підлога і стеля якого чорні і мають коефіцієнт відбивання не більше 0,09. Крива спектральної чутливості приймача випромінювання повинна бути приведена до функції видимості. Приймач світлового потоку повинен бути відградуваний по джерелу А згідно ГОСТ 7721.

При вимірюванні максимальної яскравості отвір яскравоміра повинен прилягати до випромінюючої поверхні. Значення освітленості в площині фотоелемента знаходиться шляхом домножування показів мікроамперметра М-95 на градувальні коефіцієнти відповідної границі вимірювання.

Знімання кривої світлорозподілу світильника проводиться на поворотній установці з допомогою люксметра відомчого призначення. Значення сили світла I_α світильника в напрямку α визначається формулою:

$$I_\alpha = \frac{n_\alpha \cdot c \cdot l^2}{\tau}, \quad (3.8)$$

де n_α – відлік по шкалі мікроамперметра М-95, відградуйованого на освітленість разом з фотоелементом;

c – градувальний коефіцієнт;

l – відстань від світлового центру світильника до робочої поверхні фотоелемента;

τ – коефіцієнт пропускання нейтрального світлофільтра.

За даними вимірювання будується крива світлорозподілу світильника.

Габаритну яскравість L_α світильника під заданими кутами знаходять за формулою:

$$L_\alpha = \frac{I_\alpha}{A_\alpha}, \quad (3.9)$$

де I_α – сила світла світильника в заданому напрямку;

A_α – площа проекції випромінюючої поверхні на площину, перпендикулярну напрямку вимірювання габаритної яскравості.

Порядок виконання роботи

1. За допомогою яскравоміра виміряти максимальну яскравість світильника. Результати вимірювань занести в табл.3.1.

Таблиця 3.1.

Світильник типу: _____

n , под		C_1	
$r=25$ см		C_{10}	
$A=6,25$ см ²		C_{100}	
L_{max} , кд/м ²			

2. На поворотній установці зняти криву світлорозподілу світильника, розрахувати габаритну яскравість світильника. Результати вимірювань занести в табл.3.2 і побудувати графік $L=f(\alpha)$.

Світильник типу: _____

α , град.	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
n , под										
I_{α} , кд										
A_{α} , м ²										
L_{α} , кд/м ²										

 $c=$ _____; $l=$ _____; $\tau=$ _____;*Контрольні запитання*

1. Дати визначення яскравості.
2. В яких одиницях вимірюється яскравість?
3. Що таке еквівалент яскравості?
4. Пояснити принцип дії яскравоміра.
5. Що таке габаритна яскравість і як вона вимірюється.

Лабораторна робота № 4

ДОСЛІДЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ВІДБИВАННЯ

Мета роботи: Освоїти методику вимірювання коефіцієнта відбивання.

Теоретичні відомості

Потік випромінювання, який падає на поверхню матеріалу, частково поглинається, частково відбивається, а частина, яка залишилася, проходить через матеріал. Цей процес характеризується коефіцієнтами поглинання, відбивання і пропускання.

Дамо визначення цим оптичним коефіцієнтам.

Коефіцієнтом поглинання називають відношення поглинутого потоку випромінювання до потоку випромінювання, який впав на поверхню тіла (матеріалу):

$$\alpha_e = \frac{\Phi_{e\alpha}}{\Phi_e}, \quad (4.1)$$

де α_e – коефіцієнт поглинання;

$\Phi_{e\alpha}$ – поглинутий потік випромінювання;

Φ_e – потік випромінювання, який впав на поверхню тіла.

Коефіцієнтом відбивання називають відношення відбитого потоку випромінювання до потоку випромінювання, який впав на поверхню тіла:

$$\rho_e = \frac{\Phi_{e\rho}}{\Phi_e}, \quad (4.2)$$

де ρ – коефіцієнт відбивання;

$\Phi_{e\rho}$ – відбитий потік випромінювання.

Коефіцієнтом пропускання називають відношення потоку випромінювання, який пройшов через тіло, до повного потоку випромінювання:

$$\tau_e = \frac{\Phi_{e\tau}}{\Phi_e}, \quad (4.3)$$

де τ_e – коефіцієнт пропускання;

$\Phi_{e\tau}$ – потік випромінювання, який пройшов через тіло.

Всі оптичні коефіцієнти залежать від:

а) спектральних характеристик досліджуваного тіла;

б) спектрального складу падаючого потоку випромінювання.

Багато тіл поглинають і відбивають потоки випромінювання неоднаково залежно від довжини хвилі.

Для цього визначають спектральні коефіцієнти за рівняннями:

$$\begin{aligned}\alpha_{\lambda} &= \frac{\Phi_{e\lambda\alpha}}{\Phi_{e\lambda}}; \\ \rho_{\lambda} &= \frac{\Phi_{e\lambda\rho}}{\Phi_{e\lambda}}; \\ \tau_{\lambda} &= \frac{\Phi_{e\lambda\tau}}{\Phi_{e\lambda}},\end{aligned}\tag{4.4}$$

де α_{λ} , ρ_{λ} , τ_{λ} – спектральні значення коефіцієнтів поглинання, відбивання і пропускання;

$\Phi_{e\lambda\alpha}$, $\Phi_{e\lambda\rho}$, $\Phi_{e\lambda\tau}$ – потоки поглинання, відбивання і пропускання з довжиною хвилі λ .

Сума цих коефіцієнтів дорівнює:

$$\alpha_{\lambda} + \rho_{\lambda} + \tau_{\lambda} = 1.\tag{4.5}$$

Для характеристики спектрального розподілу потоку випромінювання користуються спектральною густиною потоку випромінювання:

$$\varphi_{e\lambda} = \frac{\Delta\Phi_{e\lambda}}{\Delta\lambda}.\tag{4.6}$$

Користуючись цим поняттям, можна встановити зв'язок між спектральними і інтегральними коефіцієнтами, які характеризують оптичні властивості тіл:

$$\begin{aligned}\alpha_e &= \frac{\int_{\lambda_i}^{\lambda_j} \varphi(\lambda)\alpha(\lambda)d\lambda}{\int_{\lambda_i}^{\lambda_j} \varphi(\lambda)d\lambda}; \\ \rho_e &= \frac{\int_{\lambda_i}^{\lambda_j} \varphi(\lambda)\rho(\lambda)d\lambda}{\int_{\lambda_i}^{\lambda_j} \varphi(\lambda)d\lambda}; \\ \tau_e &= \frac{\int_{\lambda_i}^{\lambda_j} \varphi(\lambda)\tau(\lambda)d\lambda}{\int_{\lambda_i}^{\lambda_j} \varphi(\lambda)d\lambda}.\end{aligned}\tag{4.7}$$

Межі інтегрування $\lambda_i \dots \lambda_j$ визначаються границями функцій $\varphi(\lambda); \alpha(\lambda); \rho(\lambda); \tau(\lambda)$.

за аналогією з коефіцієнтами поглинання, відбивання і пропускання потоку випромінювання вводяться такі ж коефіцієнти для ефективних характеристик випромінювання.

Ефективні коефіцієнти визначаються відношенням ефективних потоків для даного приймача випромінювання:

$$\alpha_{ef} = \frac{\Phi_{ef\alpha}}{\Phi_{ef}} = \frac{\int_{\lambda_i}^{\lambda_j} \varphi(\lambda) \alpha(\lambda) v(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda_i}^{\lambda_j} \varphi(\lambda) v(\lambda) d\lambda};$$

$$\rho_{ef} = \frac{\Phi_{ef\rho}}{\Phi_{ef}} = \frac{\int_{\lambda_i}^{\lambda_j} \varphi(\lambda) \rho(\lambda) v(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda_i}^{\lambda_j} \varphi(\lambda) v(\lambda) d\lambda};$$

$$\tau_{ef} = \frac{\Phi_{ef\tau}}{\Phi_{ef}} = \frac{\int_{\lambda_i}^{\lambda_j} \varphi(\lambda) \tau(\lambda) v(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda_i}^{\lambda_j} \varphi(\lambda) v(\lambda) d\lambda},$$
(4.8)

де $\alpha_{ef}, \rho_{ef}, \tau_{ef}$ – коефіцієнти поглинання, відбивання і пропускання ефективного потоку із спектром $\varphi(\lambda)$;

$\Phi_{ef\alpha}, \Phi_{ef\rho}, \Phi_{ef\tau}$ – ефективні потоки поглинання, відбивання і пропускання із спектральними характеристиками $\alpha(\lambda), \rho(\lambda), \tau(\lambda)$;

$V(\lambda)$ – відносна спектральна чутливість приймача.

Із приведених рівнянь видно, що оптичні коефіцієнти $\alpha_{ef}, \rho_{ef}, \tau_{ef}$ залежать не лише від оптичних властивостей матеріалів, але також і від спектральної чутливості приймача і спектрального складу випромінювання.

Графічно ці коефіцієнти визначаються відношенням площ, обмежених віссю абсцис і кривими $\varphi(\lambda), \alpha(\lambda), V(\lambda)$ і $\varphi(\lambda), V(\lambda)$ для коефіцієнта поглинання, кривими $\varphi(\lambda), \rho(\lambda), V(\lambda)$ і $\varphi(\lambda), V(\lambda)$ для коефіцієнта відбивання, а також кривими $\varphi(\lambda), \tau(\lambda), V(\lambda)$ і $\varphi(\lambda), V(\lambda)$ для коефіцієнта пропускання.

Функції $\alpha(\lambda), \rho(\lambda), \tau(\lambda)$ однакові для енергетичних і ефективних потоків.

Опис установки

Установка для дослідження коефіцієнтів відбивання, пропускання і поглинання збирається на базі фотоелектричного фотометра типу ФМШ-56.

З приладом потрібно працювати в чистих, незапилених, затемнених від яскравого денного світла приміщеннях при температурі від +10 до +35°C при відносній вологості повітря до 80%.

Оптична схема приладу приведена на рис.4.1.

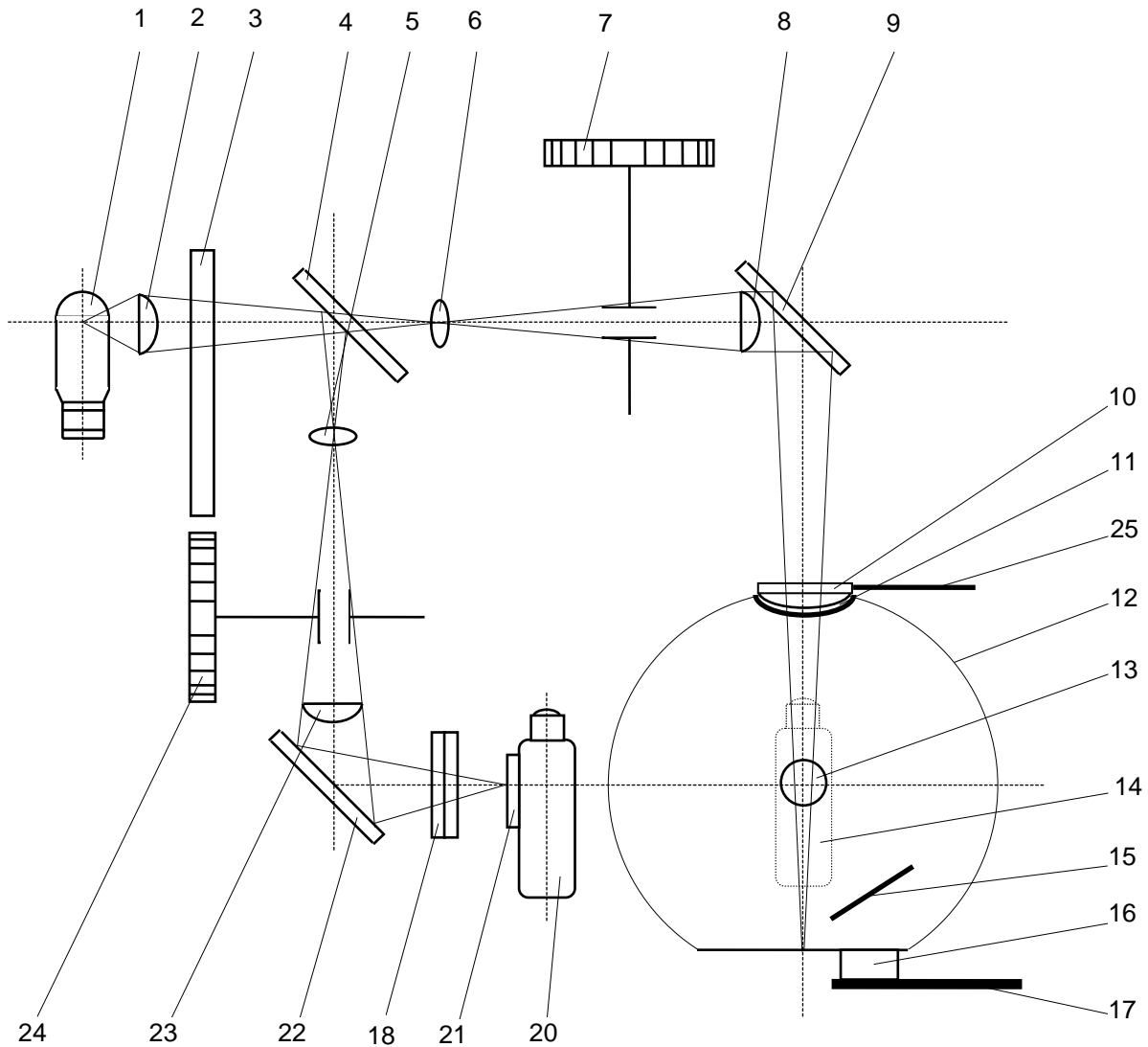


Рисунок 4.1. Оптична схема приладу ФМШ-56.

Прилад є двопроменевим фотоелектричним фотометром з двома фотоелементами, включеними назустріч один одному, один з яких є вимірювальним, а інший компенсаційним.

В досліджуваному плечі фотометра розміщена світловимірна куля 12.

Світло лампи 1, пройшовши через конденсатор 2, світлофільтр 3 і світлоподільну пластинку 4, поступає далі через об'єктиви 6 і 8 і дзеркало 9 в кулю 12.

Світло, розсіяне в кулі, поступає через вікно 13, закрите молочним склом, на фотоелемент 14, який розташований за кулею. Захисне скло 11 захищає кулю від запилення. У нижній частині кулі є отвір для вимірюваних зразків і еталона.

Нахилом дзеркала 9 світловий пучок, що поступає в кулю, можна наводити на еталон або зразок 16 – «Э», на стінку кулі – «Ш», або на досліджуваний об'єкт – «О». Нахили дзеркала 9 здійснюються рукояткою 10. (рис.4.2).

Зразки розміщуються на столику 17 (рис.4.1). Над кулею перед захисним склом змонтований столик 25 під зразки 10 при вимірюванні коефіцієнта світлопропускання.

Наявність за зразком інтегруючої кулі дозволяє проводити вимірювання світлопропускання як прозорих, так і сітлорозсіюючих середовищ, наприклад, молочне або матове скло.

Вимірювання світлового потоку здійснюється вимірювальною діафрагмою 7 змінного розкриття. Вимірювальна діафрагма має шкалу світлопропускання від 100% до 0,1%.

Екран 15 захищає фотоелемент від попадання на нього променів, відбитих безпосередньо від зразка, і застосовується при вимірюванні коефіцієнтів пропускання і відбивання.

Друге плече служить для компенсації фотоструму, який виникає у вимірювальному плечі. Світло, що відбилося від світлороздільної пластинки 4, пройшовши через лінзи 5, 23 і дзеркало 22, попадає на компенсаційний фотоелемент 20. Перед фотоелементом, для більш рівномірного освітлення катода, розміщена пластинка 21 із молочного скла.

В цьому плечі встановлена діафрагма 24 того ж типу, що й у вимірювальному плечі, за допомогою якої можна змінювати світловий потік, який потрапляє на фотоелемент.

Оптична схема розрахована так, що компенсаційна 24 і вимірювальна 7 діафрагми розміщені в площинах, де лінзами 5 і 6 створюється зображення світлового діаметра конденсора 2. Відповідно, це будуть площини рівномірного освітлення. Величина світлового потоку, який пройшов через діафрагми, буде пропорційна площині їх розкриття.

За основу вимірювання коефіцієнта відбивання на приладі абсолютним методом використано метод Тейлора. Визначення коефіцієнта відбивання методом Тейлора відбувається слідуєчим чином: пучок світла направляється на досліджуваний зразок, який розміщений в кулі. Світловий потік, відбитий зразком, зазнавши багаторазового відбивання від внутрішньої поверхні кулі, створює на фотоелементі освітленість, пропорційну коефіцієнту відбивання зразка. Приймальний отвір в стінці кулі перед фотоелементом прикрито молочним склом. Між зразком і приймальним вікном встановлюється екран, щоб світло, яке безпосередньо відбите від зразка, не попадало на фотоелемент.

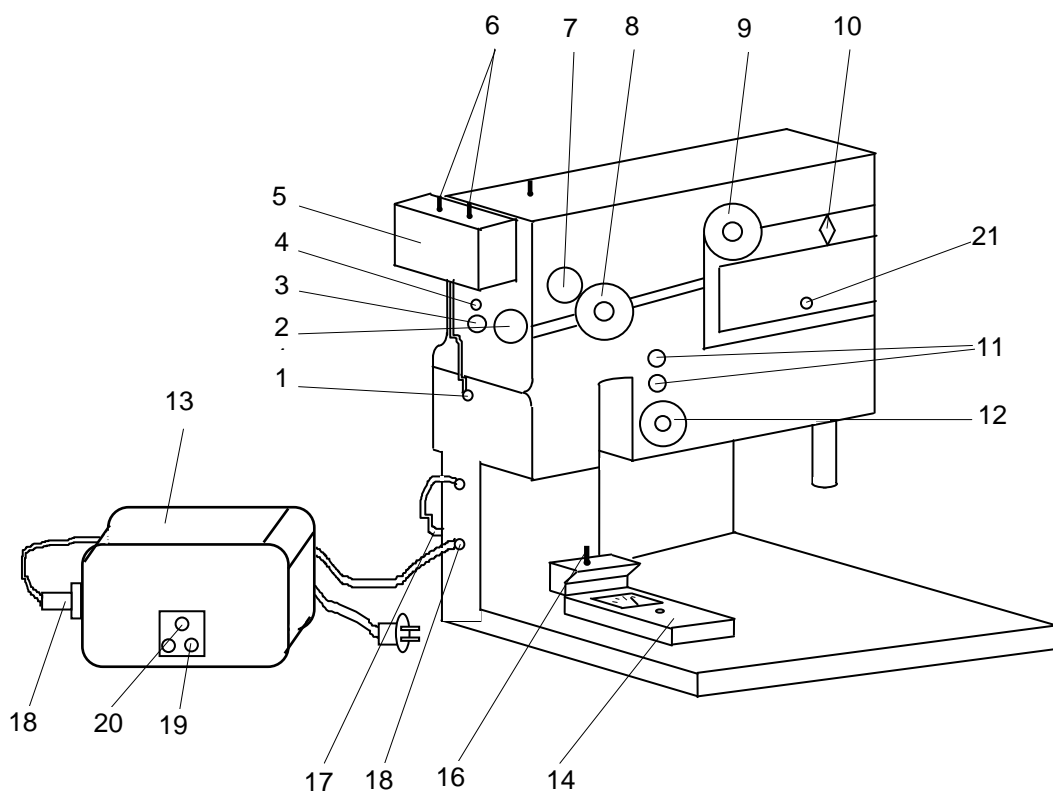


Рисунок 4.2. Загальний вигляд ФМШ-56.

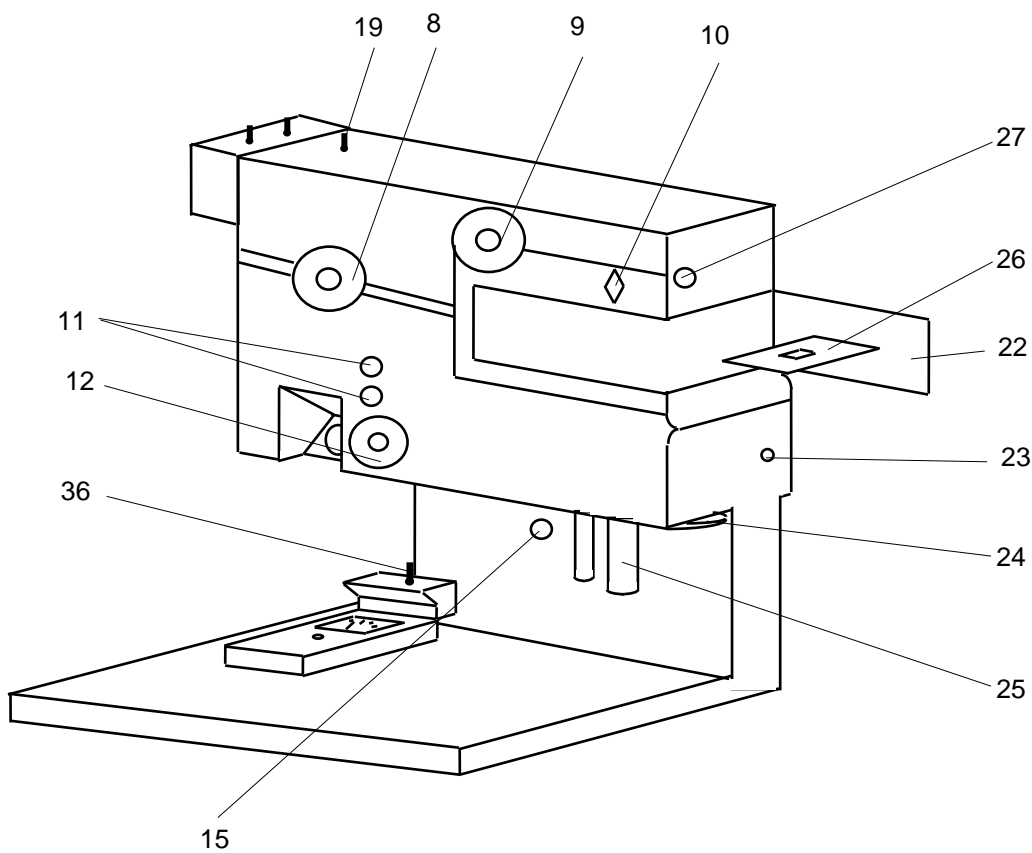


Рисунок 4.3. Загальний вигляд ФМШ-56.

Потім цей світловий потік направляєтся на стінку кулі, встановлений екран забирається, а вихідний вимірювальний прилад фіксує відлік, що відповідає повній освітленості в кулі. Відношення першого вимірювання до другого дає загальний коефіцієнт відбивання зразка.

У випадку вимірювання загального коефіцієнта пропускання визначається освітленість в двох випадках:

- 1) коли пучок світла проходить через досліджуваний зразок, встановлений перед кулею;
- 2) коли світло попадає на стінку кулі.

Відношення першого вимірювання до другого дає загальний коефіцієнт пропускання зразка. Між зразком і вікном фотоелемента встановлюється екран, який захищає фотоелемент від світла, розсіяного досліджуваним зразком.

При відносних вимірюваннях коефіцієнт відбивання (пропускання) порівнюється з таким же коефіцієнтом другого зразка, для якого він відомий.

Похибки вимірювання коефіцієнтів:

- відбивання відносним методом не більше 1%;
- відбивання абсолютним методом не більше 10%;
- пропускання (будь-яким методом) не більше 10%.

Вимоги до фотометричного обладнання

Після складського зберігання, транспортування, коли прилад міг піддаватися впливу підвищеної вологості, необхідна попередня витримка приладу у включеному стані протягом декількох годин для прогрівання його електричної схеми.

Всі оптичні деталі, а також фотометричну лампу необхідно оберігати від запилення.

Для недопущення ураження струмом прилад необхідно заземлити. При роботі необхідно виключити попадання на прилад прямого сонячного світла або прямих променів від інших джерел.

Установка освітлювача і перевірка розташування екрана в кулі. Для правильної роботи приладу необхідно, щоб нитка фотометричної лампи чітко зображувалась на поверхні зразка або еталона, встановленого в гнізді нижнього столика. Спостереження за зображенням нитки відбувається з допомогою контрольного дзеркала через верхній отвір в кулі.

Діаметр світлої плями повинен бути на 5-6 мм менше від діаметра отвору в кулі і розташовуватись концентрично відносно отвору.

Отримання різкого зображення джерела світла досягається переміщенням фотометричної лампи разом з патроном. Правильне юстування досягнуте тоді, коли чітке зображення нитки лампи видно так, як показано на рис.4.4. Регулювання проводять гвинтами 6 (рис.4.1). При цьому за допомогою вимірювальної діаграми зменшується освітленість для кращого зображення нитки.

Після установки освітлювач закріплюють гайкою 4, розташованою під корпусом освітлювача (рис.4.2).

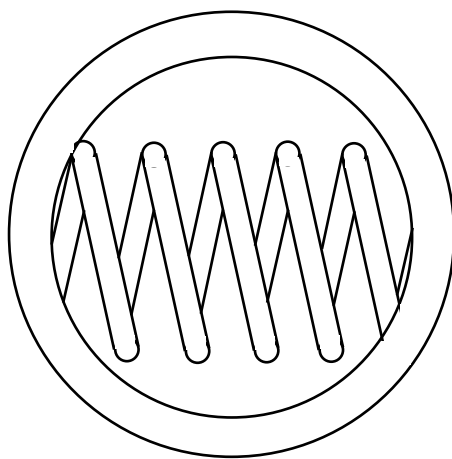


Рисунок 4.4. Зображення нитки лампи.

Перевірка дії екрану і правильності його розташування відбувається спостереженням за допомогою контрольного дзеркала через верхній отвір в кулі за освітленістю на поверхні скла перед фотоелементом. В приладі включається світлофільтр №1, вимірювальна діафрагма встановлюється на повне розкриття (100%). На нижній столик ставиться баритова пластинка із комплекту приладу.

При включенні рукоятки поворотного дзеркала в положення «О», а екрана в положення «2» тінь екрану повинна повністю перекривати скло перед фотоелементом. Недопустима наявність бликів на поверхні скла. Для додаткової перевірки необхідно поступово перевести рукоятку екрану з положення «2» в положення «1», спостерігаючи при цьому зникнення тіні. При спостереженні око необхідно зміщувати в різних напрямках.

При встановленні рукоятки поворотного дзеркала в положення «О», а екрана в положення «1» скло перед фотоелементом не повинно бути видно при зміщенні ока в різних напрямках.

Підготовка приладу до вимірювання. Для прогріву електричної схеми і досягнення необхідної стабільності її роботи, прилад разом з блоком живлення повинен включатися не менше, ніж за 30 хв до початку вимірювання (при цьому повинен бути включений і підсилювач). Фотоелементи засвічуються протягом 10-15 хв до початку вимірювання. Решту часу прогріву приладу світловий потік лампи розжарення перекривається шторкою. Світлофільтр при засвічуванні фотоелементів краще вводити той, з яким планується виконувати вимірювання. Одночасно включається відповідна пара фотоелементів.

Після прогріву приладу необхідно перевірити «електричний нуль». Для цього ручку шторки 19 встановлюють в положення «закрито», рукоятку «чутливості» 12 (рис.4.4) в положення найменшої чутливості. Тумблером 36 включають гальванометр. Якщо стрілка гальванометра займає не нульове положення, то обертанням ручки «нуль» 11 підводять її до нуля. Послідовно таку ж перевірку роблять при середній і найбільшій чутливості приладу.

Після регулювання «електричного нуля» відкривають шторку, встановлюючи ручку 19 в положення «відкрито», тим самим даючи засвічення фотоелементам, і починають вимірювання.

В подальшому при роботі з приладом необхідно завжди мати на увазі наступне:

а) при кожному переключенні фотоелементів з одної пари на іншу фотоелементи повинні бути витримані під засвіченням до початку вимірювань 10-15 хв;

б) при переключенні будь-якого із світлофільтрів витримка до початку вимірювань повинна бути 3-5 хв;

в) при невеликих перервах у роботі не рекомендується виключати прилад, а також перекидати світлові пучки шторкою;

г) включати більш чутливі межі гальванометра (рукоятка 12) можна лише в тому випадку, якщо стрілка гальванометра була попередньо підведена до нуля на меншій чутливості;

д) після закінчення роботи, в перервах між вимірюваннями, а також при переключенні фотоелементів і світлофільтрів гальванометр повинен бути виключений;

е) найбільш зручна чутливість при роботі визначається відхиленням стрілки гальванометра при зміні розкриття вимірювальної діаграми на 1%, від 1 до 6 поділок з будь-яким світлофільтром.

Вказівки до виконання роботи

Вимірювання коефіцієнта відбивання відносним методом.

Для вимірювання коефіцієнта відбивання зразка відносним методом треба мати зразок (еталон) з відомим коефіцієнтом відбивання. Таким зразком може бути пластинка із скла МС 14, що входить в комплект приладу. Значення коефіцієнта відбивання цієї пластини виміряно з коригуючим світлофільтром відносного еталонного зразка. Величина коефіцієнта відбивання записана в паспорті приладу. Досліджувані зразки розміщуються на нижньому столику 24 (рис.4.4). Тверді зразки у вигляді пластин кладуть на столик. Для сипучих матеріалів до приладу додаються металеві кювети глибиною 2 мм (5 шт.) і 5 мм (5 шт.). Роміщений в них порошок повинен лежати рівним шаром з верхнім краєм кювети.

Для закріплення на столику тонких, м'яких матеріалів (текстиль, папір і т.д.) до приладу додаються обтискні кільця. Обертанням столика один із зразків встановлюється під нижнім отвором кулі. Рукоятка екрана 23 ставиться на весь час вимірювань в положення «2». Змінюючи положення дзеркала рукояткою 10 (рис.4.2) світловий пучок направляють на досліджувані зразки, встановивши його в положення «0». Верхній столик ставиться в «робоче положення».

Вимірювання можна проводити двома способами.

1) вимірювальна діафрагма встановлюється на таку величину, яка відповідає коефіцієнту відбивання еталонного зразка.

На нижньому столику ставиться вимірюваний зразок. Зміною розкриття компенсаційної діафрагми встановлюють стрілку гальванометра на нуль, потім, замість досліджуваного зразка на нижній столик ставиться еталонний зразок. Порушена рівновага електричної схеми відновлюється зміною розкриття

досліджуваної діаграми і по її шкалі відбувається відлік. Ці покази і є величиною коефіцієнта відбивання зразка.

Результати вимірювань заносимо в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1.

Зразок №	Матеріал	ρ

Вимірювання коефіцієнта відбивання абсолютним методом.

Вимірюваний зразок ставиться на нижній столик 24 (рис.4.4). Вимірювальна діафрагма встановлюється на повне розкриття (100%). Обертанням рукоятки 10 дзеркало встановлюється в положення «О», потік світла направляється на зразок. Між зразком і вікном фотоелемента встановлюється екран, для чого ручка 23 ставиться в положення «2».

За допомогою компенсаційної діафрагми (ручка 2) стрілка гальванометра приводиться в нульове положення.

Після цього рукоятку 10 ставлять в положення «Ш», направляючи світловий потік на стінку кулі. Екран в кулі ручкою 23 переключається в положення «1». Зовнішня рівновага електричної схеми відновлюється закриттям вимірювальної діаграми (ручка 27) і по шкалі відраховується величина коефіцієнта відбивання зразка.

Верхній столик приладу повинен знаходитись в «робочому положенні». Результати вимірювань заносимо в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2.

Зразок №	Матеріал	ρ

Вимірювання дзеркального коефіцієнта відбивання.

На рис.4.5 представлена схема вимірювання дзеркального коефіцієнта відбивання.

Джерело n , що знаходиться в середині освітлювача $Ос$ посиляє через ірисову діафрагму пучок променів, які падають на світлочутливу поверхню фотоелемента ΦE , замкнутого на гальванометр $ВП$. Регулюючи потужність світлового потоку ірисовою діафрагмою або потенціометром блока живлення добиваємося того, щоб стрілка гальванометра відхилилася на всю шкалу і показала відлік $n_0=100$ поділок.

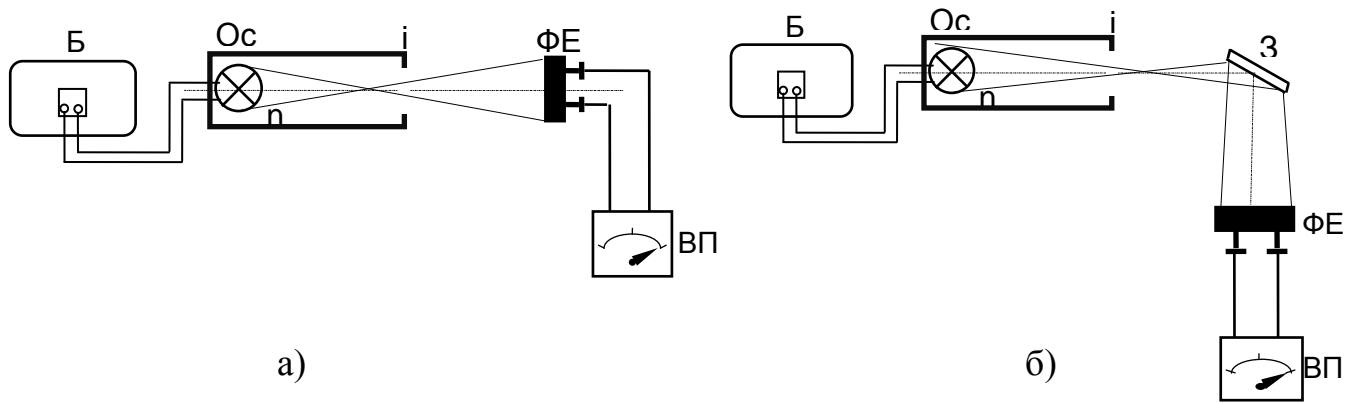


Рисунок 4.5. Схема вимірювання дзеркального коефіцієнта відбивання.

Зберігаючи постійною потужність світлового пучка, на його шляху розміщуємо дослідний зразок *З* так, щоб пучок падав на нього під заданим кутом, наприклад під кутом 45° . В цьому випадку фотоелемент переносять в нове положення і дивляться за тим, щоб відбитий пучок повністю вкладався на світлочутливій поверхні. Стрілка гальванометра знову відхилиться, але вже не на всю шкалу, а до деякого меншого відліку *n* поділок, який буде дорівнювати коефіцієнту дзеркального відбивання ρ в процентах:

$$\rho = \frac{n}{n_0}.$$

Результати вимірювань заносимо в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3.

Зразок №	Матеріал	ρ

Контрольні питання

1. Дати визначення оптичних коефіцієнтів.
2. Дати визначення ефективних оптичних коефіцієнтів.
3. Призначення фотометра ФМШ-56.
4. Принцип роботи фотометра ФМШ-56.
5. Конструкція фотометра ФМШ-56.
6. Методика вимірювання коефіцієнта відбивання відносним методом.
7. Методика вимірювання коефіцієнта відбивання абсолютним методом.
8. Методика вимірювання коефіцієнта дзеркального відбивання.

Лабораторна робота № 5

ДОСЛІДЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ПРОПУСКАННЯ

Мета роботи: Освоїти методику вимірювання коефіцієнта пропускання.

Теоретичні відомості

Потік випромінювання, який падає на поверхню матеріалу, частково поглинається, частково відбивається, а частина, яка залишилася, проходить через матеріал. Цей процес характеризується коефіцієнтами поглинання, відбивання і пропускання.

Дамо визначення цим оптичним коефіцієнтам.

Коефіцієнтом поглинання називають відношення поглинутого потоку випромінювання до потоку випромінювання, який впав на поверхню тіла (матеріалу):

$$\alpha_e = \frac{\Phi_{e\alpha}}{\Phi_e}, \quad (5.1)$$

де α_e – коефіцієнт поглинання;

$\Phi_{e\alpha}$ – поглинутий потік випромінювання;

Φ_e – потік випромінювання, який впав на поверхню тіла.

Коефіцієнтом відбивання називають відношення відбитого потоку випромінювання до потоку випромінювання, який впав на поверхню тіла:

$$\rho_e = \frac{\Phi_{e\rho}}{\Phi_e}, \quad (5.2)$$

де ρ – коефіцієнт відбивання;

$\Phi_{e\rho}$ – відбитий потік випромінювання.

Коефіцієнтом пропускання називають відношення потоку випромінювання, який пройшов через тіло, до повного потоку випромінювання:

$$\tau_e = \frac{\Phi_{e\tau}}{\Phi_e}, \quad (5.3)$$

де τ_e – коефіцієнт пропускання;

$\Phi_{e\tau}$ – потік випромінювання, який пройшов через тіло.

Всі оптичні коефіцієнти залежать від:

а) спектральних характеристик досліджуваного тіла;

б) спектрального складу падаючого потоку випромінювання.

Багато тіл поглинають і відбивають потоки випромінювання неоднаково залежно від довжини хвилі.

Для цього визначають спектральні коефіцієнти за рівняннями:

$$\begin{aligned}\alpha_{\lambda} &= \frac{\Phi_{e\lambda\alpha}}{\Phi_{e\lambda}}; \\ \rho_{\lambda} &= \frac{\Phi_{e\lambda\rho}}{\Phi_{e\lambda}}; \\ \tau_{\lambda} &= \frac{\hat{O}_{e\lambda\tau}}{\hat{O}_{e\lambda}},\end{aligned}\tag{5.4}$$

де α_{λ} , ρ_{λ} , τ_{λ} – спектральні значення коефіцієнтів поглинання, відбивання і пропускання;

$\Phi_{e\lambda\alpha}$, $\Phi_{e\lambda\rho}$, $\Phi_{e\lambda\tau}$ – потоки поглинання, відбивання і пропускання з довжиною хвилі λ .

Сума цих коефіцієнтів дорівнює:

$$\alpha_{\lambda} + \rho_{\lambda} + \tau_{\lambda} = 1.\tag{5.5}$$

Для характеристики спектрального розподілу потоку випромінювання користуються спектральною густиною потоку випромінювання:

$$\varphi_{e\lambda} = \frac{\Delta\Phi_{e\lambda}}{\Delta\lambda}.\tag{5.6}$$

Користуючись цим поняттям, можна встановити зв'язок між спектральними і інтегральними коефіцієнтами, які характеризують оптичні властивості тіл:

$$\begin{aligned}\alpha_e &= \frac{\int_{\lambda_i}^{\lambda_j} \varphi(\lambda)\alpha(\lambda)d\lambda}{\int_{\lambda_i}^{\lambda_j} \varphi(\lambda)d\lambda}; \\ \rho_e &= \frac{\int_{\lambda_i}^{\lambda_j} \varphi(\lambda)\rho(\lambda)d\lambda}{\int_{\lambda_i}^{\lambda_j} \varphi(\lambda)d\lambda}; \\ \tau_e &= \frac{\int_{\lambda_i}^{\lambda_j} \varphi(\lambda)\tau(\lambda)d\lambda}{\int_{\lambda_i}^{\lambda_j} \varphi(\lambda)d\lambda}.\end{aligned}\tag{5.7}$$

Межі інтегрування $\lambda_i \dots \lambda_j$ визначаються границями функцій $\varphi(\lambda); \alpha(\lambda); \rho(\lambda); \tau(\lambda)$.

за аналогією з коефіцієнтами поглинання, відбивання і пропускання потоку випромінювання вводяться такі ж коефіцієнти для ефективних характеристик випромінювання.

Ефективні коефіцієнти визначаються відношенням ефективних потоків для даного приймача випромінювання:

$$\alpha_{ef} = \frac{\Phi_{ef\alpha}}{\Phi_{ef}} = \frac{\int_{\lambda_i}^{\lambda_j} \varphi(\lambda) \alpha(\lambda) v(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda_i}^{\lambda_j} \varphi(\lambda) v(\lambda) d\lambda};$$

$$\rho_{ef} = \frac{\Phi_{ef\rho}}{\Phi_{ef}} = \frac{\int_{\lambda_i}^{\lambda_j} \varphi(\lambda) \rho(\lambda) v(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda_i}^{\lambda_j} \varphi(\lambda) v(\lambda) d\lambda};$$

$$\tau_{ef} = \frac{\Phi_{ef\tau}}{\Phi_{ef}} = \frac{\int_{\lambda_i}^{\lambda_j} \varphi(\lambda) \tau(\lambda) v(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda_i}^{\lambda_j} \varphi(\lambda) v(\lambda) d\lambda},$$
(5.8)

де $\alpha_{ef}, \rho_{ef}, \tau_{ef}$ – коефіцієнти поглинання, відбивання і пропускання ефективного потоку із спектром $\varphi(\lambda)$;

$\Phi_{ef\alpha}, \Phi_{ef\rho}, \Phi_{ef\tau}$ – ефективні потоки поглинання, відбивання і пропускання із спектральними характеристиками $\alpha(\lambda), \rho(\lambda), \tau(\lambda)$;

$V(\lambda)$ – відносна спектральна чутливість приймача.

Із приведених рівнянь видно, що оптичні коефіцієнти $\alpha_{ef}, \rho_{ef}, \tau_{ef}$ залежать не лише від оптичних властивостей матеріалів, але також і від спектральної чутливості приймача і спектрального складу випромінювання.

Графічно ці коефіцієнти визначаються відношенням площ, обмежених віссю абсцис і кривими $\varphi(\lambda), \alpha(\lambda), V(\lambda)$ і $\varphi(\lambda), V(\lambda)$ для коефіцієнта поглинання, кривими $\varphi(\lambda), \rho(\lambda), V(\lambda)$ і $\varphi(\lambda), V(\lambda)$ для коефіцієнта відбивання, а також кривими $\varphi(\lambda), \tau(\lambda), V(\lambda)$ і $\varphi(\lambda), V(\lambda)$ для коефіцієнта пропускання.

Функції $\alpha(\lambda), \rho(\lambda), \tau(\lambda)$ однакові для енергетичних і ефективних потоків.

Опис установки

Установка для дослідження коефіцієнтів відбивання, пропускання і поглинання збирається на базі фотоелектричного фотометра типу ФМШ-56.

Опис, схеми та принцип роботи фотометра ФМШ-56 описано в методичних вказівках до лабораторної роботи №4.

Вказівки до виконання роботи

Вимірювання коефіцієнта пропускання.

Вимірюваний зразок розмірами не менше 30×30 мм розміщується на верхньому столику. На час проведення вимірювань верхній столик встановлюється в «робоче положення» ручкою 21 (рис.4.1).

Обертанням рукоятки 10 (рис.4.2) дзеркало встановлюється в положення «Ш», при цьому потік світла направляється на стінку кулі. На нижній столику для зразка поміщається баритова пластинка із комплекту приладу. Між зразком і вікном фотоелемента рукояткою 23 (рис.4.4) вводиться екран (положення «1»).

Вимірювання можна проводити двома методами, причому обидва рівнозначні між собою за похибкою вимірювань.

Вимірювальна діафрагма встановлюється на повне розкриття (100%). На верхньому столику розміщується вимірювальний зразок. Зміною розкриття компенсаційної діафрагми (ручка 2, рис.4.2) приводять стрілку гальванометра до нульової позначки. Перед цим на нижній столику встановити контрольну пластину на відбивання і закрити нею нижній отвір кулі. Рукоятку екрана 23 (рис.4.4) перевести в положення «1». Встановити ручку поворотного дзеркала 10 в положення «Ш».

Після цього зразок знімають. Порушена рівновага електричної схеми відновлюється зменшенням розкриття вимірювальної діафрагми (ручка 27). Відлік по шкалі вимірювальної діафрагми дає коефіцієнт пропускання зразка.

Для усунення впливу умов вимірювань на величину ступеня розсіювання потрібно застосовувати світлорозсіюючі зразки на пропускання діаметром не менше 55 мм і товщиною не більше 5 мм. У випадках вимірювань зразків менших розмірів або більшої товщини, величина похибки вимірювань, яка залежить від ступеня розсіювання зразка, повинна визначатися в кожному конкретному випадку співставленням із «зразком порівняння», ідентичним з досліджуваним зразком, коефіцієнт загального пропускання якого відомий.

Результати вимірювань занести в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1.

Зразок №	Матеріал	τ

Вимірювання інтегрального коефіцієнта пропускання приладом ФПВ-1.

Вимірювання коефіцієнта пропускання проводиться за допомогою приладу ФПВ-1, схема якого показана на рис.5.1.

Пучок променів формується освітлювачем O_c . Джерелом світла служить низьковольтна лампа розжарення $ЛР$, що живиться від блока живлення. Світло від лампи попадає на конденсор $Л_1$ збирається в малому отворі діафрагми, який знаходиться в головному фокусі об'єктиву $Л_2$. Паралельний пучок променів, що вийшов із об'єктива, попадає на внутрішню поверхню фотометричної кулі. Вимірюється яскравість внутрішньої стінки кулі на ділянці C в двох випадках:

1) коли промені світла від лампи освітлюють поверхню кулі A і там створюють яскравість L_0 ;

2) коли світло від лампи перше, ніж потрапити в кулю, попередньо проходить через дослідний зразок Z_p . Тоді яскравість внутрішньої поверхні кулі A буде L_1 . Загальний коефіцієнт пропускання τ буде дорівнювати:

$$\tau = \frac{L_1}{L_0}.$$

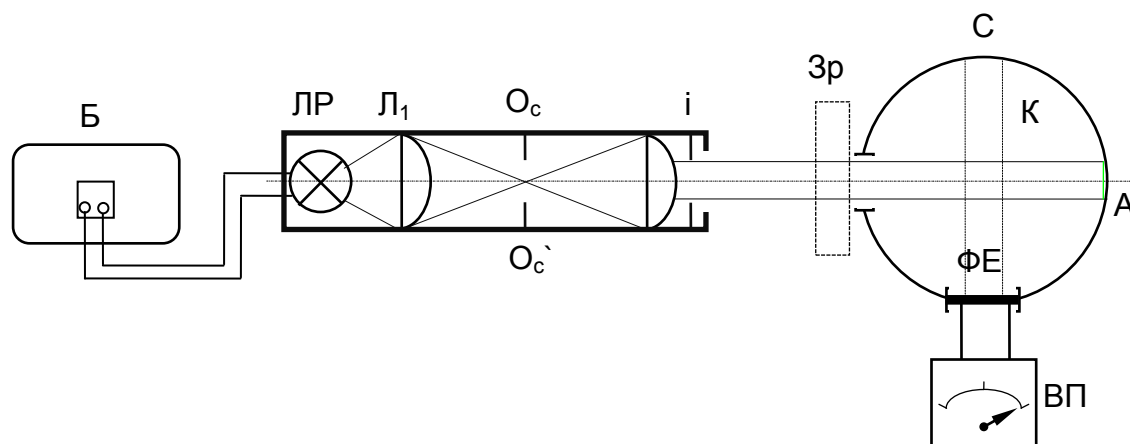


Рисунок 5.1. Схема приладу ФПВ-1.

Регулюючи потужність світлового потоку ірисовою діафрагмою або потенціометром блоку живлення добиваються, щоб стрілка гальванометра відхилилася в першому випадку на всю шкалу і показала відлік $n_0=100$ поділок. В другому випадку, коли перед фотометричною кулею встановлено дослідний зразок, стрілка гальванометра знову відхилиться, але вже не на всю шкалу, а до деякого меншого відліку n поділок, який буде дорівнювати коефіцієнту загального пропускання.

Результати вимірювань заносимо в табл.5.2.

Таблиця 5.2.

Зразок №	Матеріал	τ

Вимірювання інтегрального коефіцієнта пропускання розсіювачів у фотометричній кулі.

Визначення значення інтегрального коефіцієнта пропускання розсіювачів проводиться у світловимірвальній кулі.

Інтегральний коефіцієнт пропускання визначається за формулою:

$$\tau = \frac{n_1}{n_2} \cdot 100\% ,$$

де n_1 – відлік по шкалі гальванометра при наявності розсіювача в світловимірній кулі;

n_2 – відлік по шкалі гальванометра при наявності в світловимірній кулі джерела світла без розсіювача.

При вимірюванні розсіювач разом з розміщеним в ньому джерелом світла поміщають у кулю. Отвори розсіювача (якщо вони є) закриваються непрозорими екранами.

Сторона екрана, що обернена до джерела світла, повинна бути чорною матовою з коефіцієнтом відбивання не більше 0,09. Сторона екрана, що обернена до поверхні кулі, повинна бути білою, матовою, неселективною з коефіцієнтом відбивання не менше 0,85.

При зніманні відліку n_2 екрани повинні бути розташовані так само, як при зніманні відліку n_1 .

Результати вимірювань заносимо в таблицю 5.3.

Таблиця 5.3.

Зразок №	Характеристика розсіювача	τ

Контрольні питання

1. Дати визначення оптичних коефіцієнтів.
2. Дати визначення ефективних оптичних коефіцієнтів.
3. Призначення фотометра ФМШ-56.
4. Принцип роботи фотометра ФМШ-56.
5. Конструкція фотометра ФМШ-56.
6. Методика вимірювання коефіцієнта пропускання приладом ФМШ-56.
7. Методика вимірювання коефіцієнта пропускання у фотометричній кулі.

Лабораторна робота №6

ДОСЛІДЖЕННЯ СВІТЛОРОЗПОДІЛУ СВІТИЛЬНИКІВ З ЛЮМІНЕСЦЕНТНИМИ ЛАМПАМИ ТА ВИМІРЮВАННЯ ЇХ ККД

Мета роботи: Освоїти методику побудови кривих світлорозподілу світильників з люмінесцентними лампами. Навчитися визначати ККД люмінесцентних світильників.

Теоретичні відомості

Вимірювання світлорозподілу світильників з прямими трубчастими люмінесцентними лампами проводять в двох площинах: головній повздовжній (рис.6.1) і головній поперечній (рис.6.2).

Силу світла в напрямках вимірювання I_α і I_β в кожній площині визначають для умовного джерела світла із світловим потоком 1000 лм при температурі навколишнього середовища $+25^\circ\text{C}$.

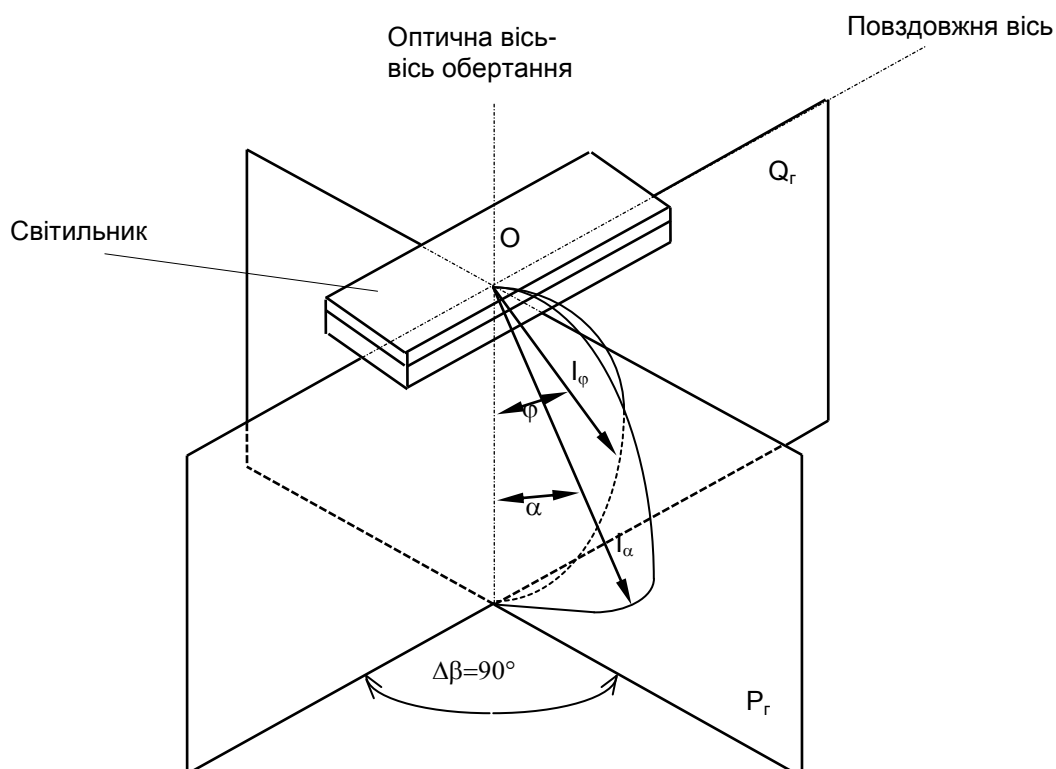


Рисунок 6.1. Головна поздовжня площина люмінесцентного світильника.

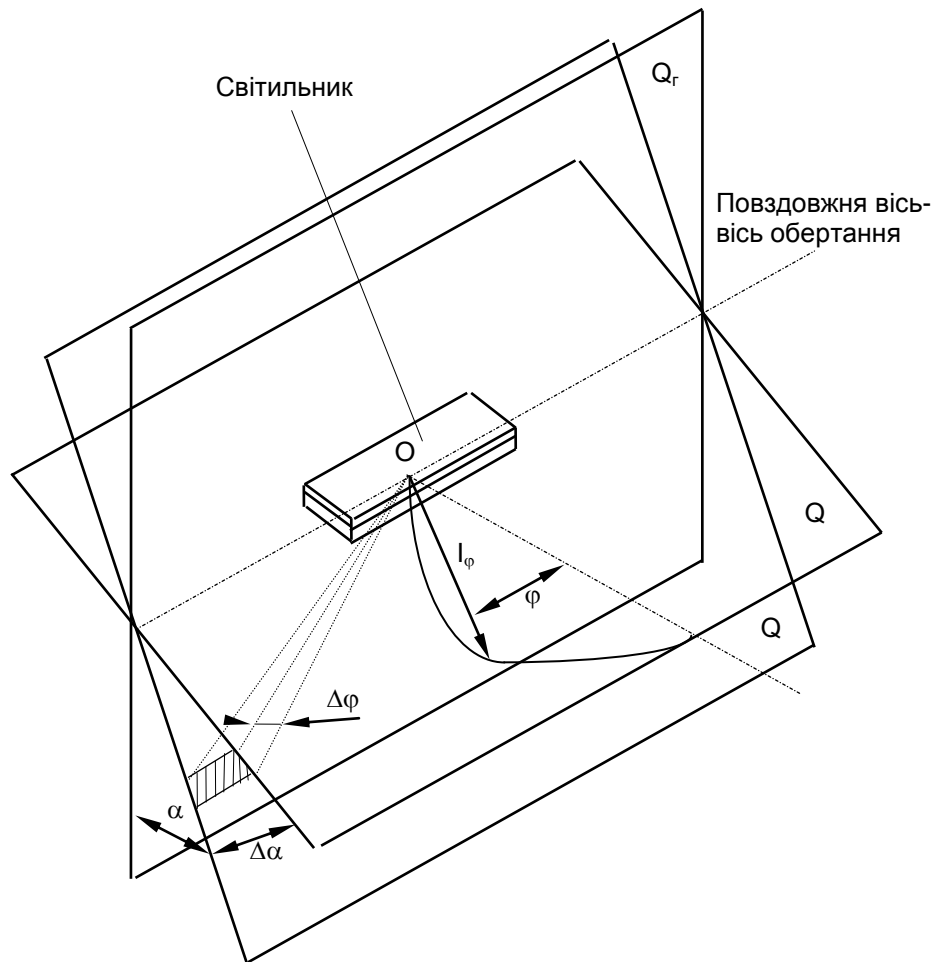


Рисунок 6.2. Головна поперечна площина люмінесцентного світильника.

Силу світла $I_{\alpha 1000}$, визначають за формулою:

$$I_{\alpha 1000} = n K_{1000} \cdot K_{noz} , \text{ кд} \quad (6.1)$$

де $I_{\alpha 1000}$ – сила світла в напрямі кута α , приведена до умовного джерела світла із світловим потоком 1000 лм;

n – відлік по мікроамперметру, відградуєваному в парі з фотоелементом на освітленість;

K_{1000} – коефіцієнт перерахунку, кд/под;

K_{noz} – коефіцієнт, що враховує зміну сили світла у випромінюваній площині від положення світильника.

Коефіцієнт K_{1000} визначають за формулою:

$$K_{1000} = \frac{c \cdot 1000 \cdot l}{\Phi_l} , \quad (6.2)$$

де c – градуєвальний коефіцієнт, лк/под.;

l – відстань від світлового центру світильника до фотоелемента, м;

Φ_l - світловий потік вимірювальних ламп, лм.

Світловий потік прямих трубчастих люмінесцентних ламп можна визначити за формулою:

$$\Phi_l = 9,2 \cdot I_0. \quad (6.3)$$

де I_0 – сила світла лампи, вимірювана в головній поперечній площині.

Коефіцієнт K_{noz} визначають для кожного положення світильника, яке відрізняється від робочого і обчислюють за формулою:

$$K_{noz} = \frac{E_{роб}}{E_{noz}}, \quad (6.4)$$

де $E_{роб}$ – освітленість, виміряна контрольним фотоелементом в напрямку $\alpha=0$ на відстані l в робочому положенні світильника;

E_{noz} – освітленість, виміряна тим же фотоелементом в напрямку $\alpha, \varphi=0$ на відстані l в положенні, відмінному від робочого.

Вимірювання $E_{роб}$ і E_{noz} проводять при встановленому тепловому режимі світильника.

Світловий потік світильника з лінійними люмінесцентними лампами визначають за формулами:

для нижньої півсфери:

$$\Phi_{сн} = 2K_f \sum_{\alpha=5^\circ}^{85^\circ} I_\alpha, \quad (6.5)$$

для верхньої півсфери:

$$\Phi_{св} = 2K_f \sum_{\alpha=95^\circ}^{175^\circ} I_\alpha, \quad (6.6)$$

Коефіцієнт K_f визначають з відношення світлового потоку світильника $\Delta\Phi_{св}$, що виділяється в просторі двома поздовжніми площинами орієнтованими кутами α_1 і α_2 до максимальної сили світла у вимірюваній зоні.

Коефіцієнт K_f визначається за формулою:

$$K_f = \frac{2 \sum_{\varphi=0^\circ}^{90^\circ} I_{\frac{\varphi_1+\varphi_2}{2}} \cdot \Omega_{\varphi_1-\varphi_2}}{I_{\max}}, \quad (6.7)$$

де φ – кут в поздовжній площині;

$\Omega_{\varphi_1-\varphi_2}$ – тілесний кут, що виділяється в просторі поздовжніми площинами і площинами заданими кутами φ_1 і φ_2 , ср.

Для світильників, які відносяться по світлорозподілу до класів Н, Р, В і О коефіцієнт K_f рахується для кожної півсфери.

Для світильників з широкою і глибокою кривою світлорозподілу коефіцієнт K_f визначають по даних вимірювання сили світла в поздовжній площині, орієнтованій в просторі кутом α_i , в якій сила світла має максимальне значення.

Опис установки

Вимірювання сили світла світильника проводять на розподільчому фотометрі, принципова схема, якого показана на рис.6.3.

Розподільчий фотометр – це установка, яка призначена для вимірювання світлорозподілу в площинах, що проходять через світловий центр світильника.

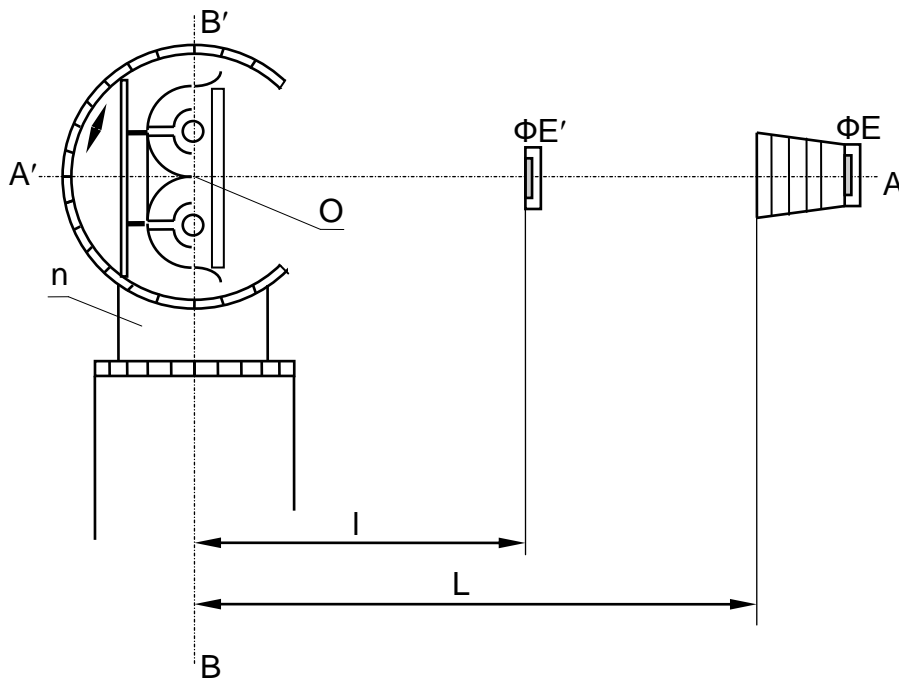


Рисунок 6.3. Схема розподільчого фотометра: n – поворотний пристрій; O – центр обертання; l – контрольна відстань; L – відстань фотометрування; ΦE – робочий фотоелемент; ΦE_1 – контрольний фотоелемент.

Розподільний фотометр складається з таких основних вузлів:

а) пристрій для кріплення світильника, який забезпечує установку світильника в центрі обертання світильника. Цей пристрій не повинен екранувати світлу частину світильника від фотоелемента;

б) пристрій для обертання світильника, який забезпечує фіксацію і відлік вимірюваних кутів з точністю $\pm 1^\circ$;

в) робочий фотоелемент в тубусі. Тубус служить для захисту робочого фотоелемента від попадання на нього стороннього світла;

г) контрольний фотоелемент, який служить для вимірювання E_{noz} і $E_{роб}$ при визначенні K_{noz} ;

д) пульт управління, який служить для розміщення контрольно-вимірювальної апаратури, що використовується для вимірювання сили світла світильника та контролю електричних параметрів.

Вказівки до виконання роботи

1. Вставити в світильник вимірювальні лампи, підібрані, щоб їх світлові потоки не відрізнялись більше ніж на 5%.

Закріпити світильник на поворотному пристрої так, щоб світловий центр світильника співпадав з центром обертання поворотного пристрою.

Підключити світильник до мережі стабілізованого живлення на номінальну напругу. Прогріти світильник до встановлення теплового режиму. Для люмінесцентного світильника нормального виконання цей час становить $\approx 1,5$ год.

2. Зняти криву світлорозподілу в головній поперечній площині, а також виміряти з допомогою контрольного фотоелемента E_{noz} .

3. Зняти криву сили світла в головній поздовжній площині та виміряти $E_{роб}$. Вимірювання сили світла проводять через інтервал $\Delta\alpha=10^\circ$.

4. Визначити E_{noz} .

5. Виміряти світлові потоки ламп в фотометричній кулі або через I_0 . В останньому випадку лампа екранується чорним матеріалом і вимірюється I_0 в напрямку, перпендикулярному до лампи. Світловий потік лампи визначається за формулою $\Phi_l=9,2I_0$.

6. Побудувати криві світлорозподілу світильника.

7. Визначити тип КСС.

8. За даними світлорозподілу світильника в поздовжній площині визначити K_f . Для цього необхідно помножити кожне значення I_α на величину відповідного чотиригранного кута, представленого в табл.6.3. Одержані результати просумувати, домножити на 2 і поділити I_{max} .

Знаючи величину K_f за формулами (6.5) і (6.6) обчислити світлові потоки світильника в нижню та верхню півсфери.

9. Визначити тип світлорозподілу світильника.

10. Визначити ККД світильника.

11. Дані вимірювань та обчислень занести в табл.6.1 та 6.2.

Таблиця 6.1

Тип, номера ламп		Напруга, В		Потужність, Вт		
				Місце для умовного позначення вимірювальних площин		
				α, φ	$\Phi_s = 1000 \text{ лм}$	
				I_{α} , кд	I_{ϕ} , кд	I_{ψ} , кд
				0°		
				5°		
				10°		
				15°		
				20°		
				25°		
				30°		
				35°		
				40°		
				45°		
				50°		
				55°		
				60°		
				65°		
				70°		
				75°		
				80°		
				85°		
				90°		
				95°		
				100°		
				105°		
				110°		
				115°		
				120°		
				125°		
				130°		
				135°		
				140°		
				145°		
				150°		
				155°		
				160°		
				165°		
				170°		
				175°		
				180°		
				ККД	Розрахований за кривими	
					Вимірний в кулі	
Клас світильника по світлорозподілу						
Тип кривої		В нижній півсфері				
		В верхній півсфері				

Таблиця 6.2

		Тип світильника				Завод - виробник					
		В нижній півсфері									
Крива типу	В головній поперечній площині					В головній повздовжній площині					
	α°	n_1	n_2	n_{cp1}	$I_{\alpha 1000}$	φ°	n_3	n_4	n_{cp2}	$I_{\alpha 1000}$	$\Delta\varphi_{1000}$
		0°				0°					
		5°				5°					
		10°				10°					
		15°				15°					
		20°				20°					
		25°				25°					
		30°				30°					
		35°				35°					
		40°				40°					
		45°				45°					
		50°				50°					
		55°				55°					
		60°				60°					
		65°				65°					
		70°				70°					
□	75°				75°						
	80°				80°						
	85°				85°						
	90°				90°						
	$\Phi_{св1000}$			$2\Sigma I_\alpha$	K_f	$2\Sigma\Delta\Phi$					
Крива типу	В верхній півсфері										
		95°				95°					
		100°				100°					
		105°				105°					
		110°				110°					
		115°				115°					
		120°				120°					
		125°				125°					
		130°				130°					
		135°				135°					
		140°				140°					
		145°				145°					
		150°				150°					
		155°				155°					
		160°				160°					
	□	165°				165°					
		170°				170°					
175°					175°						
180°					180°						
	$\Phi_{св1000}$			$2\Sigma I_\alpha$	K_f	$2\Sigma\Delta\Phi$					
n_{nc}	Шунт			n_{n1c1}	Шунт						
$E_{роб}$	$E_{роб}$	$K_{поз}$			$E_{роб}$	$E_{поз}$	$K_{поз}$				
K_{1000}					K_{1000}						
Φ_l	ККД				Відстань фотометрування						
$\Phi_{св1000}$					L	$l_{контр}$					
Тип, номера ламп											

Таблиця 6.3.

Значення зональних тілесних кутів для інтервалів $\Omega_{\varphi_i - \varphi_{i-1}} = 10^\circ$

Зони кутів $\Delta\varphi$, град.	Напрямок, що відповідає середині зони, град.	Ω , ср	Напрямок, що відповідає середині зони, град.	Зони кутів $\Delta\varphi$, град.
0-10	5	0,0303	175	170-180
10-20	15	0,0294	165	160-170
20-30	25	0,0276	155	150-160
30-40	35	0,0249	145	140-150
40-50	45	0,0215	135	130-140
50-60	55	0,0174	125	120-130
60-70	65	0,0129	115	110-120
70-80	75	0,0079	105	100-110
80-90	85	0,0027	95	90-100

Контрольні питання

1. Як можна визначити світловий потік лінійної люмінесцентної лампи?
2. Що таке позиційний коефіцієнт K_{noz} ?
3. Які бувають типи КСС?
4. Які є класи світлорозподілу?
5. Як визначається світловий потік люмінесцентного світильника?
6. Як визначається коефіцієнт K_f ?
7. Як визначається ККД світильника?

Лабораторна робота № 7

ВИМІРЮВАННЯ ККД ПАРАБОЛОКРУГОВИХ ПРОЖЕКТОРІВ

Мета роботи: Навчитися практично визначати ККД параболокругових прожекторів.

Теоретичні відомості

Основними характеристиками світлових приладів є їхні КСС та ККД.

Коефіцієнтом корисної дії світлового приладу називається відношення його потоку Φ_{cv} до світлового потоку джерела світла Φ_l , поміщеного в нього:

$$\eta = \frac{\Phi_{cv}}{\Phi_l}. \quad (7.1)$$

Проте таке співвідношення справедливе тільки для тих світлових приладів, весь світловий потік який може бути корисно використаний.

Для світлових приладів прожекторного типу приймається корисний світловий потік, що розповсюджується в межах кута розсіювання прожектора $2\alpha_{0,1}$.

Для прожекторів, фотометричне тіло яких має вісь симетрії, світловий потік визначається за формулою:

$$\Phi_{cv} = \sum_{\alpha=0^\circ}^{\alpha_{max}} I_\alpha \Omega_\alpha, \quad (7.2)$$

де I_α – сила світла в напрямі кута α ;

Ω_α – зональний тілесний кут, що відповідає напрямку α_i ;

α_{max} – максимальне значення α_i , що відповідає значенню $I_{\alpha=0}, 1I_0$.

Для прожекторів, фотометричне тіло яких має площину симетрії, світловий потік визначається за формулою:

$$\Phi_{cv} = 4 \sum_{\alpha=0^\circ}^{\alpha_{max}} \cdot \sum_{\beta=0^\circ}^{\beta_{max}} I_{\alpha\beta} \cdot \Omega_{\alpha\beta}, \quad (7.3)$$

де $I_{\alpha\beta}$ – сила світла прожектора в напрямі заданому кутами α і β ;

$\Omega_{\alpha\beta}$ – тілесний кут, що виділяється в просторі з зонального кута Ω_α двома повздовжніми площинами, що задаються кутами β ;

β_{max} – максимальне значення екваторіального кута при якому $I_{\alpha\beta}=0, 1I_0$.

Опис установки

Вимірювання світлорозподілу прожектора проводиться на розподільчому фотометрі, принципова схема якого зображена на рис.7.1.

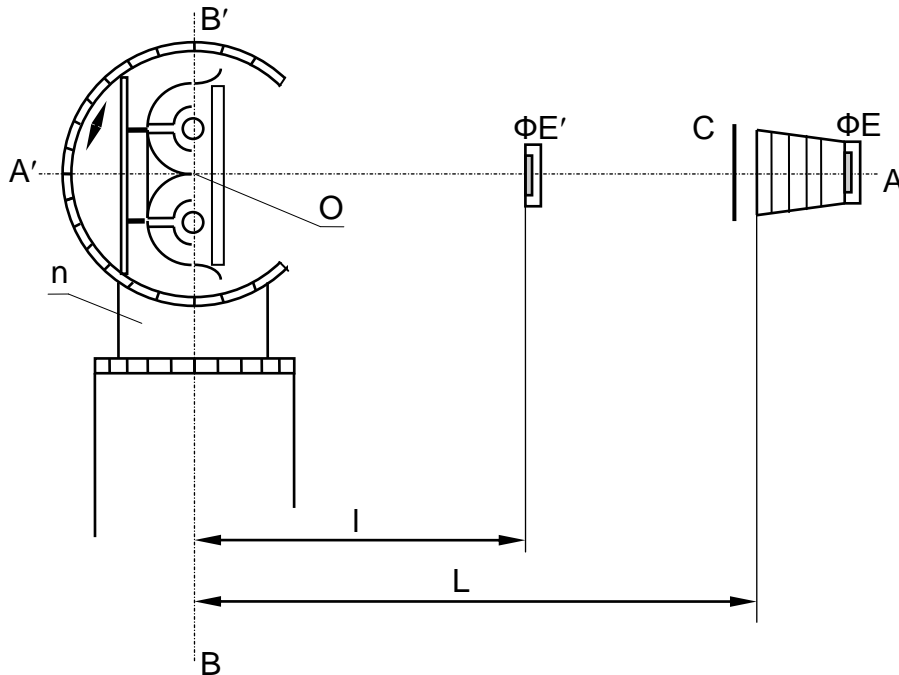


Рисунок 7.1. Схема розподільчого фотометра: Π – поворотний пристрій; O – центр обертання; ΦE – робочий фотоелемент; L – відстань фотометрування; C – нейтральний світлофільтр.

Розподільчий фотометр – це пристрій який призначений для вимірювання світлорозподілу світлового приладу в площинах, що проходять через його світловий центр.

Розподільчий фотометр складається з таких вузлів:

а) пристрій для кріплення світлового приладу, який повинен забезпечувати установку СП в центрі обертання. Цей пристрій не повинен екранувати світлову частину СП від фотоелемента;

б) пристрій для обертання СП в вертикальній та горизонтальній площині. Він повинен забезпечувати фіксацію і відлік вимірюваних кутів з точністю $\pm 1^\circ$;

в) робочий фотоелемент, розміщений в тубусі. Тубус служить для захисту фотоелемента від попадання на нього стороннього світла. В тубусі передбачено також можливість установки нейтрального світлофільтра. Крива спектральної чутливості фотоелемента повинна бути приведена до функції видимості;

г) пульт управління, який служить для розміщення контрольно-виміральної апаратури, що використовується для контролю електричних параметрів СП та вимірювання сили світла.

Вказівки до виконання роботи

Вимірювання повинні проводитися в затемненому приміщенні, стіни, підлога і стеля якого мають коефіцієнт відбивання не більше 0,09. Допускається проведення вимірювань в приміщенні, стіни, підлога і стеля якого мають коефіцієнт відбивання не більше 0,09, але при цьому фотоприймач повинен бути захищений від сторонньої засвітки за допомогою тубуса.

В якості фотоприймача повинен використовуватись фотоелемент, крива спектральної чутливості якого приведена до функції чутливості ока.

1. Поміряти світловий потік лампи за кривою її світлорозподілу. Для цього встановити лампу на поворотний пристрій таким чином, щоб центр її світлого тіла співпадав з центром обертання поворотного пристрою. Подати на лампу номінальну напругу і зняти криву світлорозподілу через кожні 10° , починаючи з 5° і до 175° . Дані вимірювань занести в табл.7.1. Використовуючи значення зональних тілесних кутів (табл.7.2) порахувати світловий потік лампи за формулою:

$$\Phi_{\lambda} = \sum_{\alpha=5^\circ}^{175^\circ} I_{\alpha} \Omega_{\alpha}, \quad (7.4)$$

де I_{α} – сила світла лампи в напрямку α ;
 Ω_{α} – зональний тілесний кут, що відповідає напрямку α ;
Сила світла I_{α} визначається за формулою:

$$I_{\alpha} = \frac{n_{\alpha} c l^2}{\tau}, \quad (7.5)$$

де n_{α} – покази люксметра;
 c – ціна поділки люксметра на вибраній границі, лк/под.;
 l – відстань фотометрування, м;
 τ – коефіцієнт пропускання світлофільтра.

2. Встановити в прожектор джерело світла з вимірним світловим потоком. Встановити прожектор на поворотний пристрій так, щоб центр джерела світла співпадав з центром обертання поворотного пристрою.

3. Зібрати схему живлення, виставити номінальну напругу і включити прожектор.

4. Виставити центр робочої поверхні фотоелемента на оптичну вісь прожектора на відстані фотометрування. За 5 хвилин до вимірювання провести засвічування фотоелемента. Вимірювання почати після встановлення теплового режиму прожектора, приблизно через 30 хвилин після його ввімкнення.

Поворотом ручок поворотної установки встановити показники кута повороту у вертикальній і горизонтальній площині на нульове значення.

Встановити необхідну границю вимірювання люксметра. При необхідності можна використовувати нейтральні світлофільтри, які встановлюються перед фотоелементом в спеціальному гнізді тубуса.

5. Провести контроль напруги живлення і зняти криву світлорозподілу прожектора в горизонтальній площині. Вимірювання сили світла проводити через кожні 2 чи 5° залежно від форми кривої світлорозподілу до значення $I_{\alpha}=0,1I_0$.

Оскільки реальні криві сили світла несиметричні відносно осі ординат, то вимірювання провести вправо і вліво від нульового значення, а для розрахунку брати середнє значення. Дані вимірювань занести в табл.7.1.

Таблиця 7.1

α , град	n_1 , ПОД	n_2 , ПОД	n_{cp} , ПОД	I_{α} , кД	$\Delta\Phi_{\alpha}$, лм
0°					
...					
90°					

6. Сила світла прожектора під різними кутами I_{α} визначається за формулою (7.5).

Значення $\Delta\Phi_{\alpha}$ знаходять за формулою:

$$\Delta\Phi_{\alpha} = I_{\alpha}\Omega_{\alpha}, \quad (7.6)$$

де I_{α} – сила світла в напрямку α ;

Ω_{α} – зональний тілесний кут, що відповідає напрямку α .

7. Обчислити світловий потік прожектора Φ_{cv} сумуванням зональних потоків $\Delta\Phi_{\alpha}$ до значення α_{max} , при якому $I_{\alpha}=0,1I_0$:

$$\Phi_{cv} = \sum_{\alpha=0^{\circ}}^{\alpha_{max}} \Delta\Phi_{\alpha}. \quad (7.7)$$

7. Обчислити коефіцієнт корисної дії прожектора за формулою:

$$\eta = \frac{\Phi_{cv}}{\Phi_l} \cdot 100\%. \quad (7.8)$$

Таблиця 7.2.

Значення зональних тілесних кутів для інтервалів $\Omega_{\varphi_i - \varphi_{i-1}} = 10^\circ$

Зони кутів $\Delta\varphi$, град.	Напрямок, що відповідає середині зони, град.	Ω , ср	Напрямок, що відповідає середині зони, град.	Зони кутів $\Delta\varphi$, град.
0-10	5	0,0303	175	170-180
10-20	15	0,0294	165	160-170
20-30	25	0,0276	155	150-160
30-40	35	0,0249	145	140-150
40-50	45	0,0215	135	130-140
50-60	55	0,0174	125	120-130
60-70	65	0,0129	115	110-120
70-80	75	0,0079	105	100-110
80-90	85	0,0027	95	90-100

Контрольні питання

1. Дати визначення ККД світлового приладу.
2. Як визначається світловий потік для світлових приладів, що мають вісь симетрії?
3. Як визначається світловий потік для світлових приладів, що мають площину симетрії?
4. Як визначається ККД для світильників?
5. Як визначається ККД для прожекторів?

Лабораторна робота №8

ГРАДУЮВАННЯ СЕЛЕНОВОГО ФОТОЕЛЕМЕНТА ДЛЯ СВІТЛОВИХ ВИМІРЮВАНЬ

Мета роботи: Навчитися градуювати селенові фотоелементи.

Теоретичні відомості

Вимірювання світлових характеристик джерел світла і освітлювальних пристроїв, а також характеристик умов освітлення приміщень і відкритих просторів, можуть здійснюватися візуальними або фізичними методами. В першому випадку індикатором є око людини, в другому – різного роду фізичні прилади: фотоелементи, фотоелектронні помножувачі, болометри та ін.

Візуальна (суб'єктивна) фотометрія ґрунтується на здатності ока оцінювати з достатньо високою точністю рівність яскравостей двох оптично суміжних і близьких по кольоровості полів порівняння.

Залежність результатів вимірювання від індивідуальних результатів спостерігача, стану його організму (фізичного стану, втоми) і навколишніх умов, а також тривалості процесу вимірювання привели в практичних умовах до повної заміни індикатора фізичними приладами, тобто до переходу від візуальної до фізичної (об'єктивної) фотометрії.

Основна перевага фізичних приймачів енергії випромінювання порівняно з оком полягає у їх можливості давати безпосередньо кількісну оцінку вимірюваних величин. При вимірюванні світлових величин ця здатність властива лише таким фізичним приймачам, крива спектральної чутливості яких близька до кривої відносної спектральної світлової ефективності.

Суттєвою перевагою методів фізичної фотометрії є швидкість і відтворюваність результатів вимірювань, що особливо важливо при необхідності проведення масових вимірювань світлових характеристик освітлювальних засобів (джерел світла, освітлювальних приладів) або характеристик умов освітлення.

В ролі приймачів енергії випромінювання в установках фізичної фотометрії найбільше поширення отримали вентильні фотоелементи (фотоелементи з запірним шаром) і фотоелементи з зовнішнім фото ефектом.

Вентильний фотоелемент – це напівпровідниковий прилад, в якому під дією енергії випромінювання виникає е.р.с. В колі фотоелемента без підключення зовнішньої напруги виникає електричний струм, який залежить від потоку випромінювання, що падає на фотоелемент. Таким чином, вентильні фотоелементи є безпосередніми перетворювачами променевої енергії в електричну.

З числа вентильних фотоелементів для світлових вимірювань найбільше поширення отримали *селенові фотоелементи*, спектральна чутливість яких найбільше співпадає з нормалізованою кривою відносної спектральної світлової ефективності.

Основою селенового фотоелемента є масивна стальна пластинка 1, на яку нанесений непрозорий для світлових променів шар селену 2 (рис. 8.1).

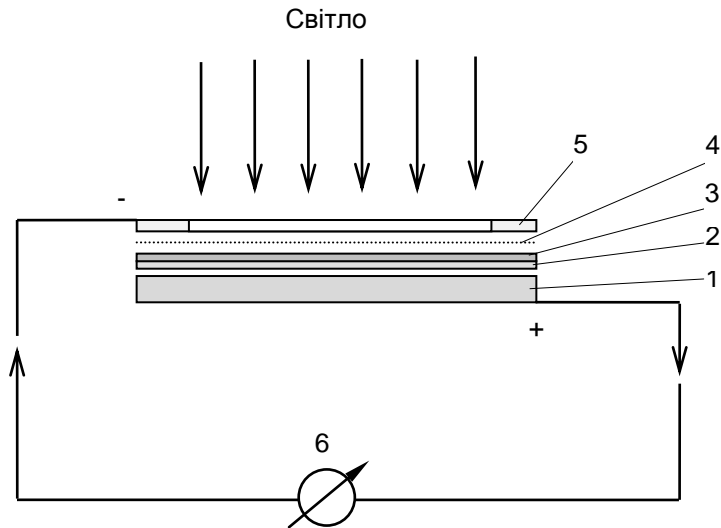


Рисунок 8.1. Будова селенового фотоелемента.

Поверхня селену покривається тонким (біля 5 нм) прозорим шаром 4 золота або платини. На границі між шарами золота і селену утворюється запірний шар 3, який володіє односторонньою провідністю від селену до золота. На шар золота накладається металеве кільце 5, яке з'єднується з від'ємним затискачем фотоелемента; додатній затискач з'єднується зі сталюю пластинкою.

Під дією світла із зовнішнього шару селену звільнюються електрони, які можуть рухатися через запірний шар лише в одному напрямку – від селену до шару золота. Якщо замкнути затискачі фотоелемента на гальванометр 6, то в колі виникає електричний струм, напрям якого на схемі вказано стрілками.

Струм пропорційний світловому потоку, який падає на поверхню фотоелемента, тобто освітленості в площині фотоелемента. Ця пропорційність справедлива в режимі короткого замикання (при опорі зовнішнього кола рівному нулю). При включенні фотоелемента в коло гальванометра пропорційність порушується, причому це порушення збільшується з ростом освітленості, яке викликає зменшення внутрішнього опору селенового фотоелемента (рис.8.2).

Суттєва перевага селенового фотоелемента порівняно з іншими фотоелементами заключається в тому, що максимум кривої спектральної чутливості селенового фотоелемента розміщений поблизу максимуму нормалізованої кривої відносної спектральної світлової ефективності (рис.8.3). Практично повне співпадання кривої спектральної чутливості селенового фотоелемента з нормалізованою кривою спектральної світлової ефективності може бути досягнуто застосуванням прозорих *коригуючих фільтрів*.

Інтегральна чутливість селенових фотоелементів лежить в межах від 300 до 750 мкА/лм і залежить від матеріалу зовнішнього електрода, який покриває шар селену.

Селенові фотоелементи інерційні, тобто номінальний струм при різних опорах навантаження встановлюється протягом 10^{-2} - 10^{-3} с після початку освітлення.

Струм селенового фотоелемента залежить від температури навколишнього середовища, причому температурний коефіцієнт для різних фотоелементів змінюється в досить широкіх межах.

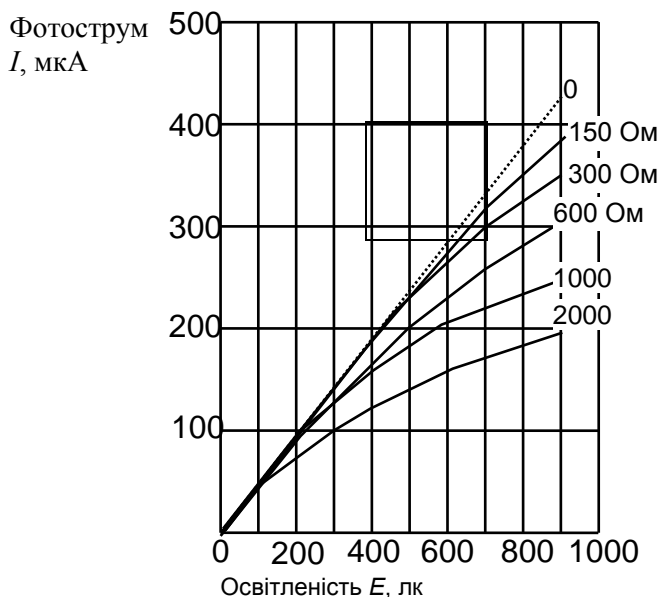


Рисунок 8.2. Залежність фотоструму від освітленості селенового фотоелемента

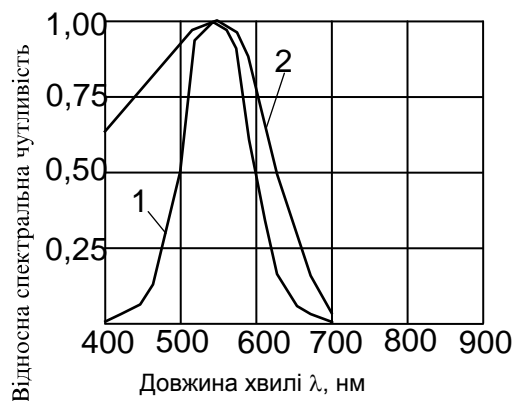


Рисунок 8.3. Крива спектральної світлової ефективності (1) та спектральна чутливість селенового фотоелемента (2)

Вказівки до виконання роботи

1. Перевірка втомлюваності фотоелемента.

Втомлюваність фотоелемента (зміна чутливості з часом) не повинна перевищувати 2% від величини початкового фотоструму при освітленості коригуючого світлофільтру рівній 800 лк. Перевірка втомлюваності фотоелементу проводиться на установці, зібраній по схемі рис.8.4.

Як джерела випромінювання використовуються світловимірювальні лампи типу СИС 107-1000 або прожекторні лампи типу ПЖ 200-500.

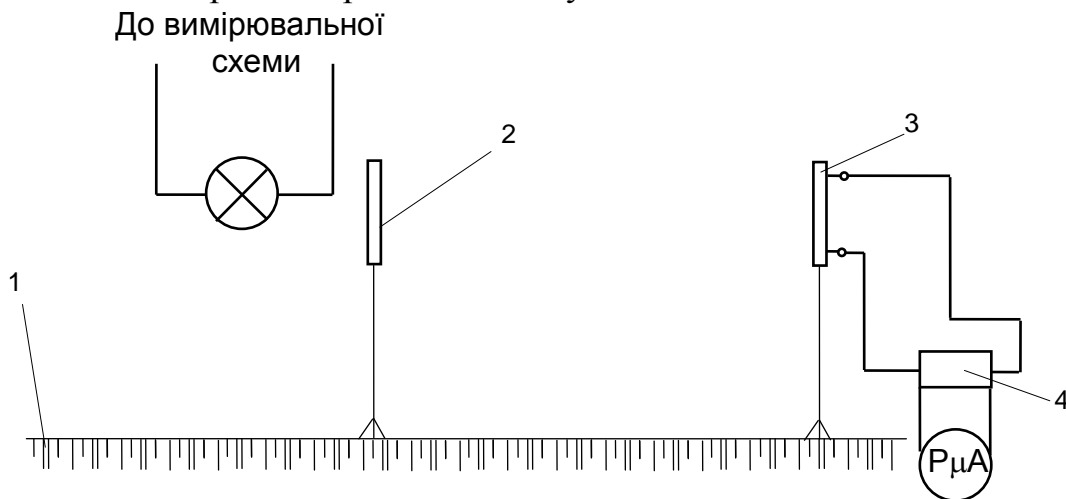


Рисунок 8.4. Схема установки для перевірки втомлюваності фотоелемента

Через 5-10 с після відкриття шторки 2 знімають по вимірювальному приладу відлік показів n_1 , другий відлік n_2 знімають через 10 хв при неперевному освітленні фотоелемента. Втомлюваність Δ обчислюється за формулою:

$$\Delta = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cdot 100\% . \quad (8.1)$$

Результати вимірювань записати в табл.8.1.

Таблиця 8.1.

n_1 , ПОД.	n_2 , ПОД.	Δ

2. Перевірка пропорційності системи фотоелемент–вимірювальний прилад.

Допускається відхилення від прямої пропорційної залежності між освітленістю фотоелемента і фотострумом при вимірюванні освітленості не більше $\pm 1,5\%$.

Перевірка пропорційності проводиться на фотометричній установці зібраній по схемі рис.8.5.

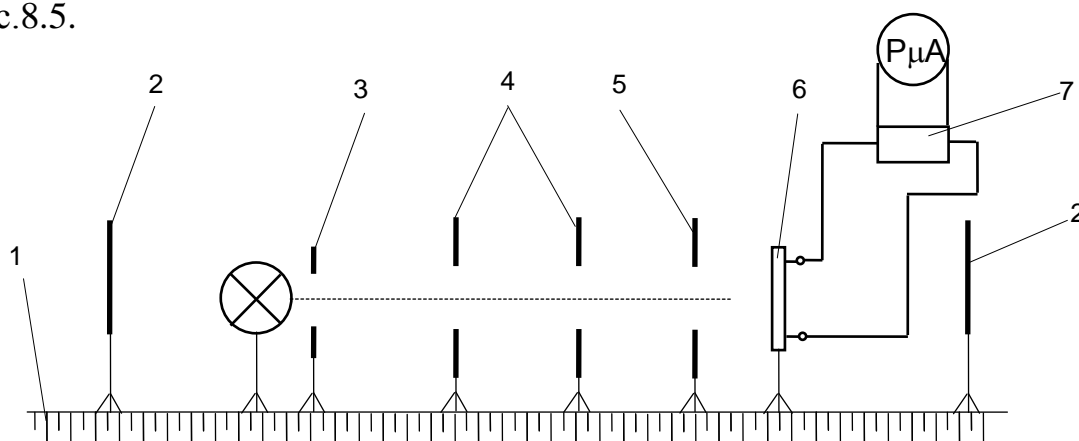


Рисунок 8.5. Схема установки для перевірки пропорційності освітленості фотоелемента і фотоструму:

1 – фотометрична лава; 2 – кінцеві екрани; 3 – діафрагма перед лампою; 4 – проміжні діафрагми; 5 – діафрагма перед приймачем випромінювання; 6 – приймач випромінювання; 7 – шунт; РµА – прилад для вимірювання фотоструму.

В якості джерел світла використовуються лампи розжарення типу ПЖ 220-500 із стабільними параметрами.

Задаючись значеннями відліків $n=50$, 100 поділок по вимірювальному приладу, визначаємо віддаль між джерелом світла і фотоелементом l_{50} , l_{100} відповідно .

При
$$\frac{I_{\dot{a}}}{50l_{50}^2} = \frac{I_{\dot{a}}}{100l_{100}^2} , \quad (8.2)$$

де I_e – відносна сила світла джерела випромінювання, система фотоелемент-вимірювальний прилад вважається пропорційною.

Відхилення від пропорційності обчислюють за формулою:

$$\delta = \frac{100(C_{50} - C_{100})}{C_{100}} \leq 1,5, \quad (8.3)$$

де $C_{50} = \frac{I_a}{50l_{50}^2}$, $C_{100} = \frac{I_a}{100l_{100}^2}$ – ціна поділки приладу, що вимірює фотострум.

Результати вимірювань записати в табл.8.2.

Таблиця 12.2

Границя	E_{50}	E_{100}	l_{50}	l_{100}	C_{50}	C_{100}	δ
10							
50							
100							

3. Градування люксметра.

Градування люксметра проводиться на фотометричній лаві, зібраній по схемі рис.8.5.

В якості джерел випромінювання використовуються світловимірювальні лампи типу СИС 107-1000 або прожекторні лампи типу ПЖ 220-500 із стабільними параметрами.

Під час вимірювань лампи повинні знаходитися у вертикальному положенні цоколем вниз, якщо інше положення не обмежене в стандартах або технічних умовах на окремі типи або групи ламп.

Центри світлочутливої поверхні приймача випромінювання, нейтрального світлофільтра, світловий центр тіла розжарення досліджуваної, контрольної або світловимірювальної ламп повинні знаходитись на осі світловимірювальної схеми, паралельно напрямляючим лавки.

Поверхня приймача випромінювання і нейтрального світлофільтра повинні бути перпендикулярні напрямку променів лампи.

З метою усунення впливу стороннього світла між приймачем випромінювання і лампою повинні розміщуватися діафрагми. Діафрагми фотометричної лави повинні мати отвори, центри яких лежать на осі світловимірювальної схеми, яка проходить паралельно напрямляючим лави. Кількість і розміщення діафрагм повинно виключати вплив розсіяного світла на результати вимірювання. Отвори в діафрагмах, розміщених перед лампою і приймачем випромінювання, повинні мати якомога менші розміри, але не менше світної поверхні вимірюваної лампи і світлочутливої поверхні приймача випромінювання.

Виставлення джерела світла і приймача випромінювання по осі світловимірювальної системи проводиться з допомогою вимірювача відстані, що входить в комплект фотометричної лави. Для цього фотоелемент встановлюється на фотометричній лаві на позначці, що відповідає довжині вимірювача відстані.

Хвостовик вимірювача відстані виставляють по центру фотоелемента впритул до його робочої поверхні. Світловимірювальну лампу виставляють так, що її світловий центр співпадає з перехрестям візира вимірювача відстані, а площина спіралі проходила по вертикальній лінії візира.

Перед початком вимірювання необхідне попереднє засвічування фотоелемента протягом щонайменше 0,5 год.

Переміщаючи фотоелемент від кінця лави до початку слід добиватися показів приладу, що фіксує фотострум, на рівні 20, 40, 60, 80, 100 поділок. Зафіксувати значення відстані l_1 від лампи до фотоелемента для кожного із зазначених показів вимірювального приладу. Після цього, переміщаючи фотоелемент в зворотньому напрямку, знайти значення l_2 . Дані вимірювань занести в таблицю 8.3.

Провести аналогічні вимірювання для інших границь. При неможливості добитися показів вимірювального приладу в межах від 20 до 100 поділок, використовують світлофільтри, які розміщуються між лампою і фотоелементом.

Значення освітленості фотоелемента в кожному зафіксованому положенні визначається за формулою:

$$E = \frac{I \cdot \tau}{l_{cp}^2}, \quad (8.4)$$

де E – освітленість фотоелемента, лк;

I – сила світла лампи, кд;

l_{cp} – відстань від лампи до фотоелемента, м;

τ – коефіцієнт пропускання світлофільтра.

Градувальний коефіцієнт визначається за формулою:

$$C = \frac{E}{n}$$

Результати вимірювань занести в табл.8.3.

Таблиця 8.3

Границя	I , кд (U , В)	n , под.	l_1 , м	l_2 , м	l_{cp} , м	l_{cp}^2 , м	E , лк	C , лк/под.
100		20						
		40						
		60						
		80						
		100						
50		20						
		40						
		60						
		80						
		100						
10		20						
		40						
		60						
		80						
		100						

Побудувати градувальний графік $n=f(E)$, де n – покази гальванометра, E – розрахункова освітленість.

Контрольні питання

1. Типи фотоелементів з запірним шаром.
2. Конструкція фотоелемента з внутрішнім фотоелементом.
3. Накреслити схему заміщення селенового фотоелемента.
4. Головна вимога, яка ставиться до фотоелемента при вимірюванні енергії випромінювання.
5. Нарисувати графік спектральної чутливості фотоелемента.
6. Поняття втомлюваності і старіння селенового фотоелемента.
7. Як залежить внутрішній опір фотоелемента від освітленості?
8. Яка допустима величина втомлюваності фотоелемента?
9. Яке допустиме відхилення від прямої пропорційної залежності між освітленістю фотоелемента і фотострумом?

Лабораторна робота №9

ВИМІРЮВАННЯ СВІЛОТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПАРАБОЛОКРУГОВИХ ПРОЖЕКТОРІВ

Мета роботи: Навчитися практично визначати ККД, максимальну силу світла, кути розсіювання, коефіцієнт підсилення параболокругових прожекторів.

Теоретичні відомості

Прожектор – це світловий прилад, який перерозподіляє світло лампи в межах малих тілесних кутів і забезпечує кутову концентрацію світлового потоку з підсиленням більше 30 для круглосиметричних і більше 15 для симетричних приладів. Прожектори призначені для освітлення віддалених об'єктів, які знаходяться на відстанях, які в десятки, сотні і навіть тисячі разів перевищують розмір прожектора, або для передачі світлових сигналів на великі відстані. В групі прожекторів виділяють прожектори загального призначення, пошукові прожектори, маяки, світлофори і фари.

Прожектор – це освітлювальний прилад, який складається з джерела світла і оптичного пристрою, який призначений для перерозподілу світлового потоку джерела світла.

Основна відмінність прожектора від світильника полягає в значно більшій концентрації світлового потоку джерела світла, що суттєво збільшує коефіцієнт підсилення прожектора порівняно з коефіцієнтом підсилення світильника і дозволяє створювати необхідну освітленість на віддалених об'єктах.

Основними світлотехнічними характеристиками прожекторів є крива розподілу сили світла, кут розсіювання, коефіцієнт підсилення і ККД.

Крива розподілу сили світла прожектора, як і крива розподілу сили світла світильника, може бути зображена в полярній системі координат. Однак, при значній концентрації світлового потоку, що має місце в оптичній системі прожекторів, користування кривими в полярній системі координат є ускладнене і приводить до великих похибок.

Тому світлорозподіл прожекторів прийнято характеризувати кривими розподілу сили світла в прямокутній системі координат, в якій за вісь ординат приймається напрям оптичної осі прожектора (максимальної сили світла), а по осі абсцис відкладають значення кутів розсіювання в горизонтальній площині, яка проходить через вісь прожектора.

Говорячи про кути розсіювання світлового потоку прожектора, користуються або поняттям номінального кута розсіювання, або корисного кута розсіювання. Під *номінальним кутом розсіювання* прийнято кутову ширину пучка прожектора, в межах якого сила світла знижується до 0,1 від максимального значення.

Коефіцієнт підсилення прожектора, як і коефіцієнт підсилення світильника, визначається відношенням максимальної сили світла прожектора до середньосферичної сили світла джерела світла.

Величина світлового потоку, що посилається приладом у зовнішню область, залежить від того, скільки його буде захоплено світловим приладом і скільки буде втрачено в середині приладу. Тому світловий прилад необхідно характеризувати величинами, що оцінюють втрати світлового потоку в ньому. Такою характеристикою є коефіцієнт корисної дії (ККД) світлового приладу.

Коефіцієнтом корисної дії світлового приладу називається відношення його потоку Φ_{cv} до світлового потоку джерела світла Φ_n :

$$\eta = \frac{\hat{O}_{\bar{n}\hat{a}}}{\hat{O}_{\bar{i}}}. \quad (9.1)$$

Але це співвідношення справедливе тільки до тих світлових приладів, весь світловий потік, яких може бути корисно використаний.

Для світлових приладів прожекторного типу приймається корисний світловий потік, що розповсюджується в межах кута розсіювання прожектора $2\alpha_{0,1}$.

Для прожекторів, фотометричне тіло яких має вісь симетрії, світловий потік визначається за формулою:

$$\hat{O}_{\bar{n}\hat{a}} = \sum_{\alpha=0^\circ}^{\alpha_{\max}} I_\alpha \Omega_\alpha, \quad (9.2)$$

де I_α – сила світла в напрямі кута α ;

Ω_α – зональний тілесний кут, що відповідає напрямку α ;

α_{\max} – максимальне значення α_i , що відповідає значенню $I_\alpha=0,1I_0$.

Для прожекторів, фотометричне тіло яких має площину симетрії, світловий потік визначається за формулою:

$$\hat{O}_{\bar{n}\hat{a}} = 4 \sum_{\alpha=0^\circ}^{\alpha_{\max}} I_{\alpha\beta} \sum_{\beta=0^\circ}^{\beta_{\max}} \Omega_{\alpha\beta}, \quad (9.3)$$

де $I_{\alpha\beta}$ – сила світла прожектора в напрямку, заданому кутами α і β ;

$\Omega_{\alpha\beta}$ – тілесний кут, що виділяється в просторі із зонального кута Ω_α двома повздовжніми площинами, що задаються кутами β ;

β_{\max} – максимальне значення екваторіального кута, при якому $I_{\alpha\beta}=0,1I_0$.

Опис установки

Вимірювання світлорозподілу прожектора проводиться на розподільчому фотометрі, принципова схема якого зображена на рис.9.1.

Розподільчий фотометр – це пристрій, призначений для вимірювання світлорозподілу світлового приладу в площинах, що проходять через його світловий центр.

Розподільчий фотометр складається з таких вузлів:

а) пристрій для кріплення світлового приладу, який повинен забезпечувати установку СП в центрі обертання. Цей пристрій не повинен екранувати світлову частину СП від фотоелемента;

б) пристрій для обертання СП в вертикальній та горизонтальній площині. Він повинен забезпечувати фіксацію і відлік вимірюваних кутів з точністю $\pm 1^\circ$;

в) робочий фотоелемент в тубусі. Тубус служить для захисту фотоелемента від попадання на нього стороннього світла. В тубусі передбачено також можливість установки нейтрального світлофільтра. Крива спектральної світлочутливості фотоелемента повинна бути приведена до функції видимості;

г) пульт управління, який служить для розміщення контрольно-вимірювальної апаратури, що використовується для контролю електричних параметрів СП та вимірювання сили світла.

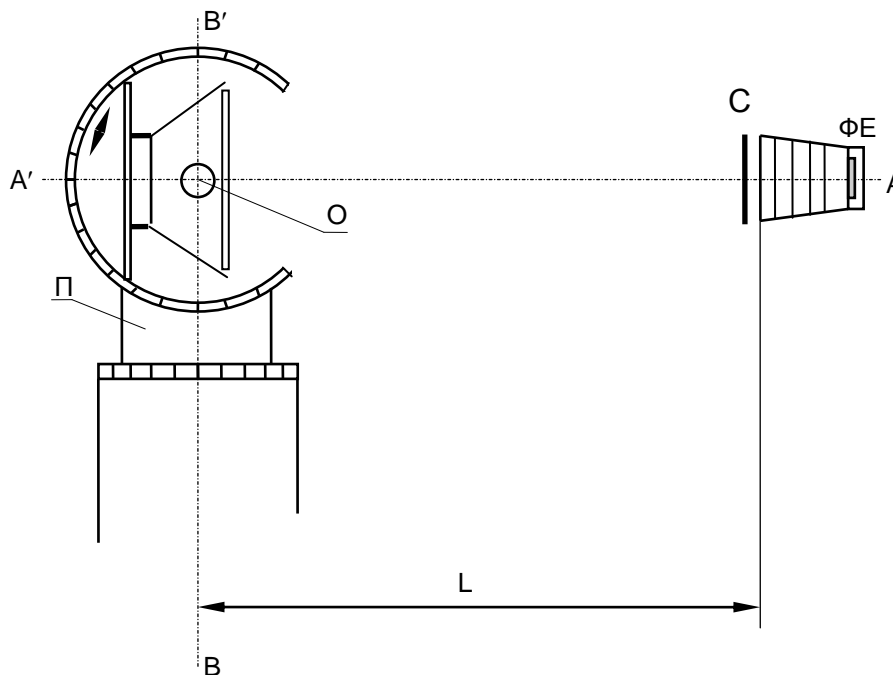


Рисунок 9.1. Схема розподільчого фотометра:

Π – поворотний пристрій; O – центр обертання; ΦE – робочий фотоелемент; L – відстань фотометрування; C – нейтральний світлофільтр.

Вказівки до виконання роботи

Вимірювання повинні проводитися в затемненому приміщенні, стіни, підлога і стеля якого мають коефіцієнт відбивання не більше 0,09. Допускається проведення вимірювань в приміщенні, стіни, підлога і стеля якого мають коефіцієнт відбивання більше 0,09, але при цьому фотоприймач повинен бути захищений від стороннього засвічування за допомогою тубуса.

В якості фотоприймача повинен використовуватись фотоелемент, крива спектральної чутливості якого приведена до функції чутливості ока.

1. Обчислити світловий потік лампи за кривою її світлорозподілу. Для цього встановити лампу на поворотний пристрій таким чином, щоб центр її пальника співпадав з центром обертання поворотного пристрою. Подати на лампу номінальну

напругу і зняти криву світлорозподілу через кожні 10°, починаючи з 5° і до 175°. Дані вимірювань занести в табл.9.1. Використовуючи значення зональних тілесних кутів (табл.9.2) обчислити світловий потік лампи за формулою:

$$\hat{O}_{\tilde{e}} = \sum_{\alpha=5^{\circ}}^{175^{\circ}} I_{\alpha} \Omega_{\alpha}, \quad (9.4)$$

де I_{α} – сила світла лампи в напрямку α ;
 Ω_{α} – зональний тілесний кут, що відповідає напрямку α ;
 Сила світла I_{α} визначається за формулою:

$$I_{\alpha} = \frac{n_{\alpha} c l^2}{\tau}, \quad (9.5)$$

де n_{α} – покази люксметра;
 c – ціна поділки люксметра на вибраній границі, лк/под;
 l – відстань фотометрування, м;
 τ – коефіцієнт пропускання світлофільтра.

Таблиця 9.1.

α , град	n_1 , ПОД	n_2 , ПОД	n_{cp} , ПОД	I_{α} , КД	$\Delta\Phi_{\alpha}$, ЛМ
0°					
...					
90°					

Таблиця 9.2

Значення зональних тілесних кутів для інтервалів $\Omega_{\varphi_i - \varphi_{i-1}} = 10^{\circ}$

Зони кутів $\Delta\varphi$, град.	Напрямок, що відповідає середині зони, град.	Ω , ср	Напрямок, що відповідає середині зони, град.	Зони кутів $\Delta\varphi$, град.
0-10	5	0,0303	175	170-180
10-20	15	0,0294	165	160-170
20-30	25	0,0276	155	150-160
30-40	35	0,0249	145	140-150
40-50	45	0,0215	135	130-140
50-60	55	0,0174	125	120-130
60-70	65	0,0129	115	110-120
70-80	75	0,0079	105	100-110
80-90	85	0,0027	95	90-100

2. Встановити в прожектор джерело світла з вимірним світловим потоком на поворотний пристрій так, щоб центр джерела світла співпадав з центром обертання поворотного пристрою.

3. Зібрати схему живлення, виставити номінальну напругу і включити прожектор.

Виставити центр робочої поверхні фотоелемента на оптичну вісь прожектора на відстані фотометрування. За 5 хвилин до вимірювання провести засвічування фотоелемента.

Вимірювання почати після встановлення теплового режиму прожектора, приблизно через 30 хвилин після його включення.

4. Обертанням ручок поворотної установки встановити показники кута повороту у вертикальній і горизонтальній площині на нульове значення.

5. Встановити необхідну границю вимірювання люксметра. При необхідності можна використовувати нейтральні світлофільтри, які встановлюються перед фотоелементом в спеціальному гнізді тубуса.

6. Зняти криві сили світла прожектора у вертикальній і горизонтальній площинах. Результати записати в табл.9.3.

Таблиця 9.3

φ , град.	n_2 , под.	I_2 , кд	n_6 , под.	I_6 , кд
70				
65				
...				
10				
5				
0				
5				
10				
...				
65				
70				
$I_{\max} =$		$I_{\max} =$		
$2\alpha_2 =$		$2\alpha_6 =$		

7. Побудувати криву світлорозподілу прожектора. По графіку визначити кути розсіювання $2\alpha_2$ і $2\alpha_6$ і максимальну силу світла.

Сила світла визначається за формулою:

$$I_{\varphi} = \frac{n_{\varphi} \cdot c \cdot l^2}{\tau} \quad (9.6)$$

8. Знайти світловий потік прожектора $\Phi_{c\phi}$ за формулою 9.2.

9. Коефіцієнт корисної дії прожектора визначається, як відношення світлового потоку освітлювального пристрою $\Phi_{c\phi}$ до світлового потоку джерела світла Φ_l , виміряному поза ОП при температурі навколишнього середовища $+25^{\circ}\text{C}$:

$$\eta = \frac{\hat{O}_{\bar{n}a}}{\hat{O}_{\bar{e}}} \cdot 100\% . \quad (9.8)$$

10. Визначити коефіцієнт підсилення за формулою:

$$K_n = \frac{I_{\max}}{I_0}, \quad (9.9)$$

де I_{\max} – максимальна сила світла прожектора;
 I_0 – середньосферична сила світла лампи:

$$I_0 = \frac{\hat{O}_{\bar{e}}}{4\pi}. \quad (9.10)$$

Контрольні питання

1. Як визначається ККД прожектора?
2. Як визначається світловий потік лампи по кривій сили світла?
3. Що таке чотиригранний тілесний кут?
4. Як визначається світловий потік прожектора?
5. Що таке прожектор?
6. Основні світлотехнічні характеристики прожектора.
7. Що таке кут розсіювання? Як визначається коефіцієнт підсилення прожектора?
8. Як визначається коефіцієнт підсилення?

Лабораторна робота №10

ВИМІРЮВАННЯ СВІЛОТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПАРАБОЛОЦИЛІНДРИЧНИХ ПРОЖЕКТОРІВ

Мета роботи: Навчитися практично визначати ККД, максимальну силу світла, кути розсіювання, коефіцієнт підсилення параболоциліндричних прожекторів.

Теоретичні відомості

Теоретичні відомості аналогічні, як для лабораторної роботи №9.

Вказівки до виконання роботи

Вимірювання повинні проводитися в затемненому приміщенні, стіни, підлога і стеля якого мають коефіцієнт відбивання не більше 0,09. Допускається проведення вимірювань в приміщенні, стіни, підлога і стеля якого мають коефіцієнт відбивання більше 0,09, але при цьому фотоприймач повинен бути захищений від стороннього засвічування за допомогою тубуса.

В якості фотоприймача повинен використовуватись фотоелемент, крива спектральної чутливості якого приведена до функції чутливості ока.

1. Виміряти світловий потік робочої лампи в фотометричній кулі, використовуючи як еталон світловимірювальну лампу розжарення.

Результати вимірювань занести в табл.10.1.

Таблиця 10.1.

n_d , ПОД.	m_d , ПОД.	n_e , ПОД.	m_e , ПОД.	Φ_e , ЛМ	Φ_d , ЛМ

Світловий потік робочої лампи визначається за формулою:

$$\hat{O}_e = \hat{O}_d \cdot \frac{n_e \cdot m_d}{n_d \cdot m_e}, \quad (10.1)$$

де Φ_e – світловий потік світловимірювальної лампи;

n_e – покази люксметра при ввімкненій світловимірювальній лампі;

m_e – покази люксметра при ввімкненій допоміжній лампі і наявності в кулі вимкненої світловимірювальної лампи;

n_d – покази люксметра при включеній досліджуваній лампі,

m_d – покази люксметра при ввімкненій допоміжній лампі і наявності в кулі вимкненої досліджуваної лампи.

2. Встановити в прожектор джерело світла з обчисленим світловим потоком.

3. Встановити прожектор на поворотний пристрій так, щоб центр джерела світла співпадав з центром обертання поворотного пристрою.

4. Зібрати схему живлення, виставити номінальну напругу і включити прожектор. Виставити центр робочої поверхні фотоелемента на оптичну вісь прожектора на відстані фотометрування. За 5 хвилин до вимірювання провести засвічування фотоелемента.

Вимірювання почати після встановлення теплового режиму прожектора, приблизно через 30 хвилин після його включення.

5. Обертанням ручок поворотної установки встановити показники кута повороту у вертикальній і горизонтальній площині на нульове значення.

6. Встановити необхідну границю вимірювання люксметра. При необхідності можна використовувати нейтральні світлофільтри, які встановлюються перед фотоелементом в спеціальному гнізді тубуса.

7. Зняти криві сили світла прожектора у вертикальній і горизонтальній площинах. Результати записати в табл. 10.2.

Таблиця 10.2.

φ , град.	n_2 , под.	I_2 , кд	n_6 , под.	I_6 , кд
70				
65				
...				
10				
5				
0				
5				
10				
...				
65				
70				
$I_{\max} =$		$I_{\max} =$		
$2\alpha_2 =$		$2\alpha_6 =$		

8. Побудувати криву світлорозподілу прожектора. По графіку визначити кути розсіювання $2\alpha_2$ і $2\alpha_6$ і максимальну силу світла.

Сила світла визначається за формулою:

$$I_{\varphi} = \frac{n_{\varphi} \cdot c \cdot l^2}{\tau} \quad (10.2)$$

9. Провести вимірювання кривих світлорозподілу в площинах, що проходять через вісь джерела світла і розміщені під кутами $\beta=0, 5, 10, 15^\circ, \dots, \beta_{\max}$ відносно головної повздовжньої площини. Кут β виставляється нахилом оптичної осі прожектора вгору і вниз від горизонтального напрямку. Значення кута β визначається на вертикальному лімбі поворотної установки. Зміна кута β проводиться до значення β_{\max} , при якому $I_{\alpha_0\beta_{\max}} = 0,1I_0$.

Вимірювання кривих сили світла в кожній площині, проводиться поворотом установки вправо і вліво від нульового напрямку через 10° . Значення кута α знімається по горизонтальному лімбі установки. Зміна кута α проводиться до значення α_{\max} , при якому $I_{\alpha_0\beta_{\max}} = 0,1I_0$.

Дані вимірювань занести в табл.10.3.

При гостронаправленій формі кривої світлорозподілу, для покращення точності розрахунків, можна проводити вимірювання через 5° .

Таблиця 10.3.

$\alpha \backslash \beta$	0	± 5	± 10	± 15	± 20	± 25	± 30	± 35	± 40	± 45	± 50	± 55
+5												
-5												
+10												
-10												
+15												
-15												
+20												
-20												
+25												
-25												
+30												
-30												
+35												
-35												
+45												
-45												
+55												
-55												
$\sum_{\beta=5^\circ}^{\max} n_{\alpha\beta}$												
$\Delta\Phi_{\alpha}$												

10. Обчислити світловий потік прожектора в межах кута розсіювання. Для цього необхідно просумувати значення елементарних потоків, що розповсюджуються в усіх чотиригранних кутах, на які розділене фотометричне тіло прожектора. Для полегшення розрахунків сумування по β можна проводити в значеннях поділок показів люксметра. Одержані суми записати у відповідну графу таблиці 10.3.

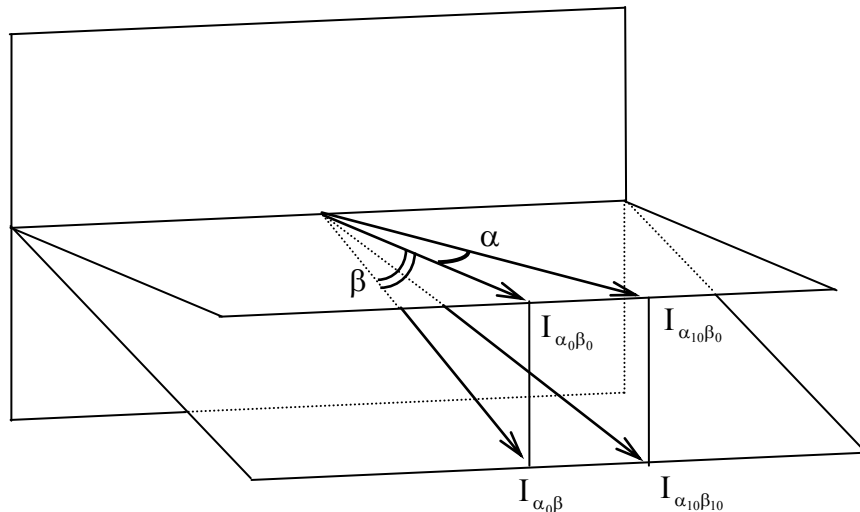


Рисунок 10.1. Схема для визначення напрямку сили світла.

11. Знайти значення потоків $\Delta\Phi_\alpha$ для відповідних тілесних кутів Ω_α за формулою:

$$\Delta\hat{O}_\alpha = \frac{\sum_{\beta=0^\circ}^{\beta_{\max}} n_{\alpha\beta} \cdot c \cdot l^2}{\tau} \cdot \Omega_\alpha ; \quad (10.3)$$

де c – ціна поділки люксметра, лк/под.;
 l – відстань від прожектора до фотоелемента, м;
 τ – коефіцієнт пропускання світлофільтра;
 Ω_α – значення відповідного чотиригранного кута.
 Значення чотиригранних тілесних кутів приведені в табл.10.4-10.6.
 Записати значення $\Delta\Phi_\alpha$ у відповідну графу таблиці 10.3.

12. Знайти світловий потік прожектора $\Phi_{\text{св}}$, просумувавши значення $\Delta\Phi_\alpha$.

$$\hat{O}_{\hat{n}\hat{a}} = \sum_{\alpha=0^\circ}^{\alpha_{\max}} \Delta\hat{O}_\alpha \quad (10.4)$$

13. Обчислити коефіцієнт корисної дії прожектора за формулою:

$$\eta = \frac{\hat{O}_{\hat{n}\hat{a}}}{\hat{O}_{\hat{e}}} \cdot 100\% . \quad (10.5)$$

14. Визначити коефіцієнт підсилення за формулою:

$$K_n = \frac{I_{\max}}{I_0} , \quad (10.6)$$

де I_{\max} – максимальна сила світла прожектора;
 I_0 – середньосферична сила світла лампи:

$$I_0 = \frac{\hat{O}_{\hat{e}}}{4\pi} . \quad (10.7)$$

Таблиця 10.4

Чотиригранні кути Ω при $\Delta\varphi=5^\circ$

Зона кута, град.	Напрямок, град.	Тілесний кут, ср	Зона кута, град.	Напрямок, град.
0 - 2,5	0	0,0038	177,5 - 180	180
2,5 - 7,5	5	0,0076	172,5 - 177,5	175
7,5 - 12,5	10	0,0075	167,5 - 172,5	170
12,5 - 17,5	15	0,0074	162,5 - 167,5	165
17,5 - 22,5	20	0,0072	157,5 - 162,5	160
22,5 - 27,5	25	0,0069	152,5 - 157,5	155
27,5 - 32,5	30	0,0066	147,5 - 152,5	150
32,5 - 37,5	35	0,0062	142,5 - 147,5	145
37,5 - 42,5	40	0,0058	137,5 - 142,5	140
42,5 - 47,5	45	0,0054	132,5 - 137,5	135
47,5 - 52,5	50	0,0049	127,5 - 132,5	130
52,5 - 57,5	55	0,0044	122,5 - 127,5	125
57,5 - 62,5	60	0,0038	117,5 - 122,5	120
62,5 - 67,5	65	0,0032	112,5 - 117,5	115
67,5 - 72,5	70	0,0026	107,5 - 112,5	110
72,5 - 77,5	75	0,0020	102,5 - 107,5	105
77,5 - 82,5	80	0,0013	97,5 - 102,5	100
82,5 - 90	85	0,0007	90 - 97,5	95

Таблиця 10.5

Чотиригранні кути Ω при $\Delta\varphi=10^\circ$

Зона кута, град.	Напрямок, град.	Тілесний кут, ср	Зона кута, град.	Напрямок, град.
0 - 10	5	0,0303	170 - 180	175
10 - 20	15	0,0294	160 - 170	165
20 - 30	25	0,0276	150 - 160	155
30 - 40	35	0,0249	140 - 150	145
40 - 50	45	0,0215	130 - 140	135
50 - 60	55	0,0174	120 - 130	125
60 - 70	65	0,0129	110 - 120	115
70 - 80	75	0,0079	100 - 110	105
80 - 90	85	0,0027	90 - 100	95

Таблиця 10.6

Чотиригранні кути Ω при $\Delta\alpha=10^\circ$, $\Delta\beta=5^\circ$

Зона кута, град.	Напрямок, град.	Тілесний кут, ср	Зона кута, град.	Напрямок, град.
0 - 10	5	0.01515	170 - 180	175
10 - 20	15	0.01470	160 - 170	165
20 - 30	25	0.01380	150 - 160	155
30 - 40	35	0.01245	140 - 150	145
40 - 50	45	0.01075	130 - 140	135
50 - 60	55	0.00870	120 - 130	125
60 - 70	65	0.00645	110 - 120	115
70 - 80	75	0.00395	100 - 110	105
80 - 90	85	0.00135	90 - 100	95

Контрольні питання

1. Як визначається ККД прожектора?
2. Як визначається світловий потік лампи по кривій сили світла?
3. Що таке чотиригранний тілесний кут?
4. Як визначається світловий потік прожектора?
5. Що таке прожектор?
6. Основні світлотехнічні характеристики прожектора.
7. Що таке кут розсіювання? Як визначається коефіцієнт підсилення прожектора?
8. Як визначається коефіцієнт підсилення?

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Гуревич М.М. Фотометрия. Л.: Энергоатомиздат, 1983. – 272 с.
2. Гуревич М.М. Введение в фотометрию. М.: Энергия, 1968 – 248 с.
3. Аксеенко М.Д., Бараночинков М.Л. Приёмники оптического излучения. М.: Радио и связь, 1987. – 296 с.
4. Кайдалов С.А. Фоточувствительные приборы и их применение: Справочник. М.: Радио и связь, 1995. – 120 с.
5. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б.Айзенберга. 3 изд. перераб. и доп. — М.: Знак, 2006. — 972 с.
6. ГОСТ 26148-84. Фотометрия. Термины и определения.
7. ГОСТ 8.332-78. Световые измерения.
8. ГОСТ 14686-89. Средства измерения световых величин. Термины.
9. ГОСТ 13088-67. Колориметрия. Буквенные обозначения.
10. Курс лекцій з дисципліни «Фотометрія» / Укладач Костик Л.М. Інтернет-ресурс. Шлях до ресурсу: <http://dl.tntu.edu.ua/content.php?cid=77326>.
11. Лабораторні роботи з курсу «Фотометрія» та методичні вказівки до їх виконання / Укл. Пилипчук Р.В., Тернопіль: ТДТУ, 2002. – 111 с.

ЗМІСТ

Лабораторна робота №1 ВИМІРЮВАННЯ СВІТЛОВОГО ПОТОКУ У ФОТОМЕТРИЧНІЙ КУЛІ.....	3
Лабораторна робота №2 ВИМІРЮВАННЯ СИЛИ СВІТЛА НА ФОТОМЕТРИЧНІЙ ЛАВІ.....	11
Лабораторна робота № 3 ВИМІРЮВАННЯ ЯСКРАВОСТІ.....	19
Лабораторна робота № 4 ДОСЛІДЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ВІДБИВАННЯ.....	24
Лабораторна робота № 5 ДОСЛІДЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ПРОПУСКАННЯ	35
Лабораторна робота №6 ДОСЛІДЖЕННЯ СВІТЛОРОЗПОДІЛУ СВІТИЛЬНИКІВ З ЛЮМІНЕСЦЕНТНИМИ ЛАМПАМИ ТА ВИМІРЮВАННЯ ЇХ ККД	41
Лабораторна робота № 7 ВИМІРЮВАННЯ ККД ПАРАБОЛОКРУГОВИХ ПРОЖЕКТОРІВ	49
Лабораторна робота №8 ГРАДУЮВАННЯ СЕЛЕНОВОГО ФОТОЕЛЕМЕНТА ДЛЯ СВІТЛОВИХ ВИМІРЮВАНЬ.....	54
Лабораторна робота №9 ВИМІРЮВАННЯ СВІЛОТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПАРАБОЛОКРУГОВИХ ПРОЖЕКТОРІВ.....	61
Лабораторна робота №10 ВИМІРЮВАННЯ СВІЛОТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПАРАБОЛОЦИЛІНДРИЧНИХ ПРОЖЕКТОРІВ	67
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	73