

**МЕХАНІКО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра електроенергетики, електротехніки  
та електромеханіки**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**до виконання контрольної роботи  
з дисципліни**

***«ОСНОВИ СВІЛОТЕХНІКИ»***

**Харків – 2019**

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки 19 березня 2018 р., протокол № 8.

Рекомендуються для бакалаврів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» заочної форми навчання.

Укладачі:

проф. М. М. Бабаєв,  
доценти Д. Л. Сушко, М. Г. Давиденко,  
О. І. Акімов, В. П. Нерубацький

Рецензент

доц. О. Д. Супрун

## МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання контрольної роботи  
з дисципліни

*«ОСНОВИ СВІЛОТЕХНІКИ»*

Відповідальний за випуск Сушко Д. Л.

Редактор Еткало О. О.

---

Підписано до друку 01.06.18 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 0,5. Тираж 35. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Український державний університет  
залізничного транспорту,  
61050, Харків-50, майдан Фейербаха, 7.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.

## ЗМІСТ

Загальні методичні вказівки до виконання контрольної роботи.....	4
Завдання 1. Питання для виконання завдання та підготовки до заліку.....	5
Завдання 2. Розрахунок освітлення виробничого приміщення.....	7
Завдання 3. Розрахунок електричної мережі.....	16
Список літератури.....	21
Додаток А. Вихідні дані до завдання 2.....	22
Додаток Б. Галузі застосування світильників залежно від умов навколишнього середовища.....	23
Додаток В. Вихідні дані до завдання 3.....	24

## ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

Раціональне використання електричної енергії є важливим завданням.

Значна частина електроенергії, що виробляється, споживається електричним освітленням виробничих підприємств, житлових та адміністративних будинків.

Сучасна установка електричного освітлення, або освітлювальна установка, є достатньо складний комплекс, що складається із джерел світла, освітлювальних приладів, електричної мережі, розподільних устаткувань.

Тому студентам спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» викладається дисципліна «Основи світлотехніки», а студенти заочної форми навчання цієї спеціальності виконують контрольну роботу за цією тематикою.

Контрольна робота включає розгляд трьох завдань. Перше завдання – теоретичне, складається з відповідей на два питання. Друге і третє завдання – розв’язання задач.

Контрольну роботу слід оформити у вигляді пояснювальної записки з кресленнями, графіками та діаграмами на аркушах паперу А4 відповідно до вимог державних стандартів. На титульному аркуші вказують назви закладу вищої освіти та кафедри, тему контрольної роботи, ініціали та прізвище студента та викладача, який буде перевіряти роботу, шифр залікової книжки.

Пояснювальну записку можна виконувати як вручну, так і за допомогою персонального комп’ютера. На першій сторінці роботи вказують варіант та наводять вихідні дані за своїм варіантом.

Відповіді на теоретичні питання слід викладати у реферативній формі з наведенням пояснювальних креслень, схем, рисунків, ескізів. Ця відповідь повинна розкривати суть питання. Переписувати відповіді з книг, правил, інструкцій неприпустимо.

Під час розв’язання задач слід використовувати додаткові методичні вказівки, наведені після умови задачі. Розв’язання задач також потрібно супроводжувати поясненнями, схемами, графіками тощо. Необхідно вказувати найменування кожної розрахункової операції, далі записувати розрахункову формулу у загальному вигляді, після цього через знак рівняння записати її

числовий вираз і результат. У разі потреби пояснень сформулювати їх коротко і самостійно.

У кінці роботи наводять список використаних джерел, ставлять підпис і дату.

### **Завдання 1. ПИТАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ ТА ПІДГОТОВКИ ДО ЗАЛІКУ**

Дайте відповідь на теоретичні питання. Варіант на завдання оберіть за порядковим номером у журналі викладача, а питання – згідно з таблицею 1.1.

Таблиця 1.1 – Вихідні дані до завдання 1

<b>Варіант</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Питання	1, 21	2, 22	3, 23	4, 24	5, 25	6, 26	7, 27	8, 28	9, 29	10, 30
<b>Варіант</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
Питання	11, 31	12, 32	13, 33	14, 34	15, 35	16, 36	17, 37	18, 38	19, 39	20, 40

- 1 Фізична суть випромінювання.
- 2 Залежність енергії фотона від швидкості розповсюдження та довжини хвилі електромагнітних коливань.
- 3 Види випромінювань, причини виникнення та галузі застосування.
- 4 Оптичні випромінювання, їх характеристика, властивості та галузі застосування.
- 5 Енергетичні та ефективні величини опису фізичних властивостей випромінювання.
- 6 Величини та одиниці, які застосовуються у світлотехніці (світловий потік, світність, сила світла, яскравість, освітлення).
- 7 Поняття світлової енергії та експозиції.
- 8 Сутність генерування та перетворення випромінювання.
- 9 Теплове випромінювання (поняття та скорочена характеристика).
- 10 Люмінесцентне випромінювання (поняття та скорочена характеристика).

- 11 Оптичні властивості речовини.
- 12 Загальні відомості про джерела світла.
- 13 Електричні, світлові та експозиційні характеристики освітлювальних ламп.
- 14 Галогенові лампи розжарювання.
- 15 Розрядні лампи (будова, робота, вольт-амперна характеристика).
- 16 Газосвітні лампи (ртутні, ксенонові, натрієві та лампи із заповненням нейтральними газами).
- 17 Люмінесцентні лампи (будова, робота та різновиди).
- 18 Спеціальні люмінесцентні лампи (малогабаритні, амальгамові, бактерицидні).
- 19 Лампи змішаного випромінювання (ДРЛ, МГЛ).
- 20 Загальні відомості про сучасні напівпровідникові джерела світла та їх принцип дії й переваги.
- 21 Пускорегулювальні апарати (ПРА) для люмінесцентних ламп.
- 22 Пускорегулювальні апарати для розрядних (крім люмінесцентних) ламп широкого застосування.
- 23 Загальні відомості про світильники, їх будову та роботу.
- 24 Загальні відомості про прожектори, їх будову та роботу.
- 25 Світлотехнічні та конструктивно-експлуатаційні характеристики прожекторів.
- 26 Типи прожекторів загального, виробничого та залізничного призначення.
- 27 Вимоги нормативних актів до нормування освітлення (склад вимог норм; визначення видів і систем освітлення).
- 28 Нормування рівня та кольоровості освітлення.
- 29 Розрахунок освітлення за методом питомої потужності.
- 30 Сутність розрахунку освітлення точковим методом.
- 31 Розрахунок освітлення з використанням ізолюкс, номограм і графіків.
- 32 Розрахунок прожекторного освітлення.
- 33 Загальні відомості про електричну частину освітлювальних установок.
- 34 Склад та компонування електричної освітлювальної мережі.

35 Управління освітленням (поняття, різновиди управління та способи їх реалізації).

36 Захист освітлювальної мережі.

37 Особливості освітлення енергетичних вузлів, відкритих розподільних пристроїв підстанцій та пожежних і вибухонебезпечних зон.

38 Загальні підходи до техніко-економічної оцінки освітлювальних установок.

39 Завдання й організація експлуатації освітлювальних мереж та установок.

40 Заходи безпеки при виготовленні, монтажі та експлуатації освітлювальних джерел та приладів.

## **Завдання 2. РОЗРАХУНОК ОСВІТЛЕННЯ ВИРОБНИЧОГО ПРИМІЩЕННЯ**

Розрахувати освітлення для виробничого приміщення розмірами ( $A \times B$ ) м<sup>2</sup> з висотою стелі  $H$  за методом коефіцієнта використання світлового потоку з визначенням типу, потужності та кількості світильників і плану їх розміщення (накреслити) за такими вихідними даними:

- нормована освітленість –  $E_n$ , лк;
- висота робочої поверхні –  $h_p$ , м;
- коефіцієнти відбиття стелі  $\rho_{ст}$ , стіни  $\rho_c$ , робочої поверхні  $\rho_p$ .

Варіант на завдання обирається за порядковим номером у журналі викладача, згідно з додатком А.

### **Методичні вказівки до виконання завдання 2**

При проектуванні освітлювальних установок метою розрахунку є визначення кількості і потужності ламп світильників, які необхідні для забезпечення заданого рівня освітлення [3,4].

Від правильного вибору джерел світла і світильників, а також раціональної експлуатації освітлювальних установок в великій мірі залежить економне витрачання електроенергії на освітлювальні установки.

## 2.1 Вибір джерела світла та світлового приладу

Світлові прилади і комплекси – виключно широка група світлотехнічних виробів, від яких значною мірою залежить ефективність використання електричної енергії в освітлювальних установках.

Світильник – це світловий прилад, який перерозподіляє світло лампи (ламп) усередині великих тілесних кутів. Світильники класифікують за такими основними ознаками: світлорозподіленням, основним призначенням та умовами експлуатації.

Важливою світлотехнічною характеристикою світильника є світлорозподілення, тобто розподілення його світлового потоку в просторі. Залежно від відношення світлового потоку, спрямованого в нижню напівсферу, до повного світлового потоку світильники підрозділяють на п'ять класів (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 – Класифікація світильників за світлорозподіленням

Класифікація світильників за світлорозподіленням		Частка світлового потоку, спрямованого в нижню напівсферу, в усьому світловому потоці світильника, %
Позначення	Найменування	
П	Прямого світла	Більше 80
Н	Переважно прямого світла	Від 60 до 80
Р	Розсіяного світла	Від 40 до 60
В	Переважно відбитого світла	Від 20 до 40
О	Відбитого світла	До 20

Крім того, світлорозподілення світильників загального освітлення характеризується просторовою щільністю світлового потоку, тобто формою фотометричного тіла освітлювального приладу, та описується кривими сили світла (КСС). Типи КСС подано у відносних одиницях на рисунку 2.1 та пояснення наведені в таблиці 2.2.



Також до світлотехнічних показників належить і захисний кут світильника, який характеризує зону, у межах якої око спостерігача захищене від прямого випромінювання лампи.

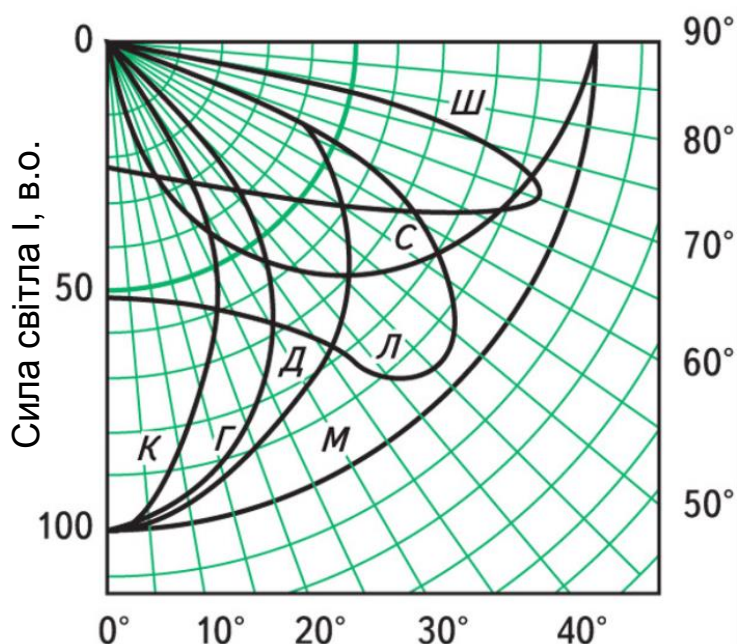


Рисунок 2.1 – Типи кривих сили світла у відносних одиницях

Таблиця 2.2 – Класифікація світильників за типом кривої сили світла

Тип кривої сили світла		Зона напрямків максимальної сили світла
Позначення	Найменування	
К	Концентрована	0–15°
Г	Глибока	0–30°
Д	Косинусна	0–35°
Л	Напівширока	35°–55°
Ш	Широка	55°–85°
М	Рівномірна	0–180°
С	Синусна	70°–90°

При проектуванні освітлювальних установок необхідно враховувати спосіб та вид кріплення світильників, а також ступінь захисту від впливу навколишнього середовища. Конструкція світильників повинна відповідати умовам середовища експлуатації. Для позначення ступеня захисту світильників застосовують букви IP та комбінацію з двох цифр. Перша цифра

позначає ступінь захисту від потрапляння твердих тіл та пилу, а друга – ступінь захисту від води. Рекомендації щодо застосування світильників залежно від умов навколишнього середовища зазначені в додатку Б.

За призначенням світильники підрозділяються на виробничі, транспортні, для громадських будівель, для освітлення приміщень, відкритих просторів та ін. За умовами експлуатації світильники класифікуються залежно від способу їх установа (підвісні, стельові, вбудовані, настільні, настінні та ін.) та виконання.

Для освітлення виробничих приміщень слід застосовувати світильники з газорозрядними лампи (ЛЛ, ДРЛ, МГЛ, ДНаТ) та світлодіодні світильники. Вибір джерел світла за кольоровими характеристиками слід виконувати за додатком Е [1]. Застосування ксенонових ламп у приміщеннях не допускається.

Для освітлення виробничих приміщень з низькою стелею рекомендується використовувати світильники прямого світла з КСС типу Л, у яких необхідно створити високі відношення вертикального освітлення до горизонтального, а з високими стелями – світильники з КСС типу К, Г або Д.

При використанні світильників з КСС типу К можливе освітлення обмежених, виділених зон, робочих ділянок, де яскраво виражена вертикальна освітленість. При використанні світильників з КСС типу Г досягається більш рівномірне освітлення робочої площі, але без значного впливу світла від поруч розміщених світильників, тобто світло падає переважно вертикально. При КСС типу Д можливе рівномірне освітлення робочих зон зі значним впливом освітленості робочого місця від груп поруч розміщених світильників, світло при цьому виходить зі значною горизонтальною складовою, предмет освітлюється ніби з усіх боків, більш об'ємно.

З огляду на вищевикладене вибір світильників повинен визначатися такими основними умовами:

- характер навколишнього середовища;
- вимоги до світлорозподілення й обмеження сліпучої дії світильника;
- міркуваннями економії.

## 2.2 Розміщення світильників

Вибір взаємного розміщення світильників є одним з основних питань, яке вирішують при улаштуванні освітлювальних установок, яке впливає на економічність останніх, якість освітлення та зручності експлуатації.

Світильники з точковим джерелом випромінювання, а саме: ДРЛ, МГЛ, ДНаТ, рекомендується розміщувати по вершинах прямокутників, квадратів, ромбів з гострим кутом  $60^\circ$  (шахове розміщення). Для того, щоб значно не погіршити рівномірність освітлення робочої поверхні, співвідношення сторін прямокутників не рекомендується приймати більше 1,5.

Лінійні джерела випромінювання, наприклад люмінесцентні лампи, зазвичай розміщують у безперервну лінію або з деяким розривом (не більше  $0,5 H_p$ ). При збільшенні розриву погіршується рівномірність розподілення освітленості вздовж лінії.

Основні параметри розміщення світильників у приміщенні зображені на рисунку 2.2:

$H$  – висота приміщення, м;

$h_c$  – висота звісу світильників, м;

$h_p$  – висота робочої поверхні, м;

$H_p$  – розрахункова висота від умовної робочої поверхні до світильника, м;

$$H_p = H - h_c - h_p, \quad (2.1)$$

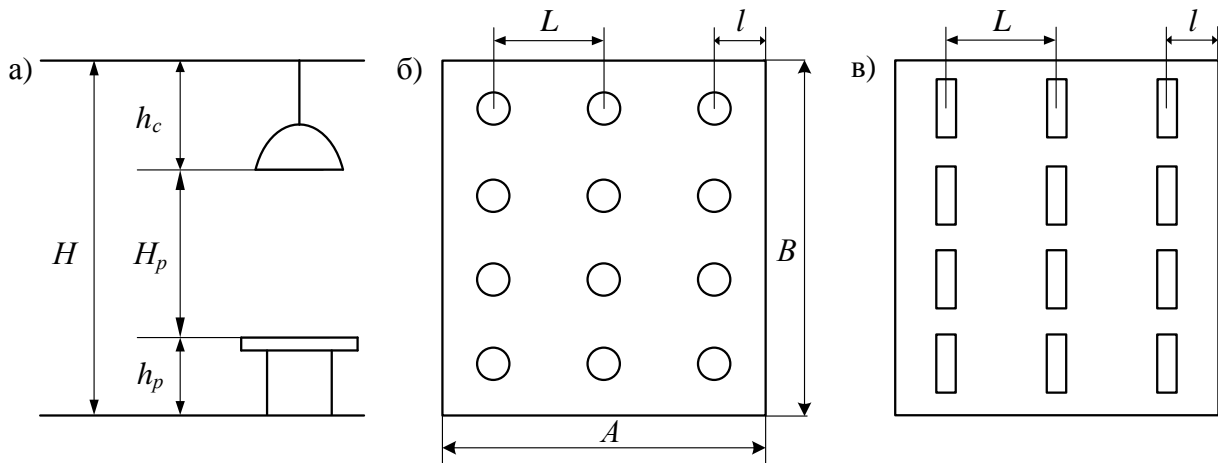
де  $L$  – відстань між світильниками в ряду або між рядами в плані приміщення, м;

$l$  – відстань від крайніх світильників або рядів світильників до стіни, м (приймається  $(0,3-0,5)L$  залежно від наявності поблизу стін робочих місць);

$A$  – довжина приміщення, м;

$B$  – ширина приміщення, м.

Висоту звісу обирають від 0 (вбудований у стелю світильник) до 1,5 м. При більших значеннях  $h_c$  необхідний жорсткий підвіс, який виключає розхитування світильника потоками повітря.



- а – розріз приміщення;  
 б – план розміщення з точковими світильниками;  
 в – план розміщення з лінійними світильниками

Рисунок 2.2 – Розміщення світильників

Від правильного вибору відстані  $L$  суттєво залежить рівномірність освітлення. Розподіл освітлення по освітлювальній поверхні визначається типом КСС і відношенням відстані між сусідніми світильниками або рядами до висоти їх установаження.

$$\lambda = L/H_p. \quad (2.2)$$

Для кожної КСС існує найвигідніше значення  $\lambda$ , яке забезпечує найбільшу рівномірність розподілення освітленості та максимальну енергетичну ефективність (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 – Рекомендовані значення відношення  $\lambda$

$\lambda$	Тип КСС				
	К	Г	Д	М	Л
	0,4–0,7	0,8–1,1	1,4–1,6	1,8–2,6	1,6–1,8

Визначивши  $H_p$  та прийнявши значення  $\lambda$ , розраховують відстань  $L$ .

Кількість рядів світильників визначають з виразу

$$R = \frac{B - 2 \cdot l}{L} + 1, \quad (2.3)$$

а кількість світильників у ряду – зі співвідношення

$$N_R = \frac{A - 2 \cdot l}{L} + 1. \quad (2.4)$$

Отримані результати округлюють до найближчого цілого числа, після чого перераховують реальні відстані:

– між рядами світильників

$$L_B = \frac{B - 2 \cdot l}{R - 1}; \quad (2.5)$$

– між центрами світильників у ряду

$$L_A = \frac{A - 2 \cdot l}{N_R - 1}. \quad (2.6)$$

### **2.3 Розрахунок методом коефіцієнта використання світлового потоку**

Цей метод застосовується для розрахунку загального рівномірного освітлення горизонтальних поверхонь, однорівневих підлог при світильниках будь-якого типу.

Розрахункове значення світлового потоку однієї лампи в кожному світильнику визначається за формулою

$$\Phi_{л} = \frac{E_n \cdot S \cdot K_z \cdot z}{N \cdot U_{oy}}, \quad (2.7)$$

де  $E_n$  – нормоване значення освітлення, лк;

$K_z$  – коефіцієнт запасу;

$S$  – площа, яка освітлюється, м<sup>2</sup>;

$z$  – коефіцієнт мінімальної освітленості;

$N$  – кількість світильників, шт;

$U_{oy}$  – коефіцієнт використання світлового потоку.

Нормовані значення освітлення повинні бути забезпечені протягом усього періоду експлуатації освітлювальної установки. Однак внаслідок старіння та забруднення ламп, світильників та поверхонь приміщень рівень освітлення з часом знижується. Це враховується коефіцієнтом запасу  $K_3$  при проектуванні освітлювальної установки. Залежно від типу ламп і світильників, наявності пилу та інших забруднень у приміщенні, способу обслуговування та тривалості експлуатації значення коефіцієнта  $K_3$  вибирають з таблиці 3 [1].

Коефіцієнт  $z$  характеризує нерівномірність освітлення і значною мірою залежить від співвідношення  $L/h_p$ . Якщо це співвідношення перебуває в діапазоні рекомендованих значень (таблиця 2.3), то можна прийняти:

$z = 1,15$  – для точкових джерел;

$z = 1,11$  – для лінійних джерел.

Під коефіцієнтом використання світлового потоку  $U_{oy}$  розуміють відношення світлового потоку, який падає на розрахункову поверхню, до світлового потоку джерела світла. Значення цього коефіцієнта залежить від світлорозподілення світильників та їх розміщення в приміщеннях, від розмірів освітлюваного приміщення і відбиваючих властивостей його поверхонь (коефіцієнти відбиття стелі –  $\rho_{cm}$ , стін –  $\rho_c$ ), від відбиваючих властивостей робочої поверхні (коефіцієнт відбиття робочої поверхні –  $\rho_p$ ).

Коефіцієнти відбиття поверхонь приміщення: стелі  $\rho_{cm}$ , стін  $\rho_c$  – можна оцінити за допомогою таблиці 6.3 [3].

Співвідношення розмірів освітлюваного приміщення та висота підвісу світильників у ньому характеризуються індексом приміщення:

$$i_n = \frac{A \cdot B}{h_p \cdot (A + B)}, \quad (2.8)$$

де  $A$  – довжина приміщення, м;

$B$  – ширина приміщення, м;

$h_p$  – розрахункова висота підвісу світильників, м.

За знайденим значенням індексу приміщення  $i_n$  і коефіцієнтів відбиття  $\rho_{ст}$ ,  $\rho_c$  та  $\rho_p$  для обраного типу світильників визначається коефіцієнт використання  $U_{oy}$ . Значення коефіцієнтів використання для світильників з типовими КСС наведені в таблиці 6.4 [3].

Світловий потік світильника при обраних лампах не повинен відрізнятися від  $\Phi_l$  більше ніж на величину  $(-10\div+20)\%$ . При неможливості вибору ламп з таким наближенням необхідно корегувати кількість світильників  $N$  або висоту підвісу світильників  $h_p$ .

При розрахунку люмінесцентного освітлення спочатку намічується кількість рядів  $R$ , яка підставляється у формулу (2.7) замість  $N$ . Тоді під  $\Phi_l$  слід розуміти світловий потік ламп одного ряду. Далі кількість світильників у ряду визначається як

$$N_R = \frac{\Phi_l}{\Phi_1}, \quad (2.9)$$

де  $\Phi_1$  – світловий потік одного світильника, лм.

При цьому відстань між сусідніми світильниками в ряду не повинна перевищувати  $0,5h_p$ .

Сумарна довжина  $N$  світильників зіставляється з довжиною приміщення, причому можливі такі випадки:

1) сумарна довжина світильників перевищує довжину приміщення: необхідно або застосувати більш потужні лампи (у яких світловий потік на одиницю довжини більший) або збільшити кількість рядів, або компонувати ряди зі здвоєних світильників;

2) сумарна довжина світильників дорівнює довжині приміщення: завдання вирішується установленням безперервного ряду світильників;

3) сумарна довжина світильників менша від довжини приміщення: приймається ряд з рівномірно розподіленими вздовж нього розривами між світильниками.

З декількох можливих варіантів на основі техніко-економічних міркувань вибирається найкращий.

### Завдання 3. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ

Визначити переріз проводу та втрати напруги у двопроводовій лінії з номінальною напругою 220 В (рисунок 3.1). Приєднана потужність та довжина лінії вказані в додатку В. Варіант завдання вибирається за двома останніми цифрами залікової книжки.

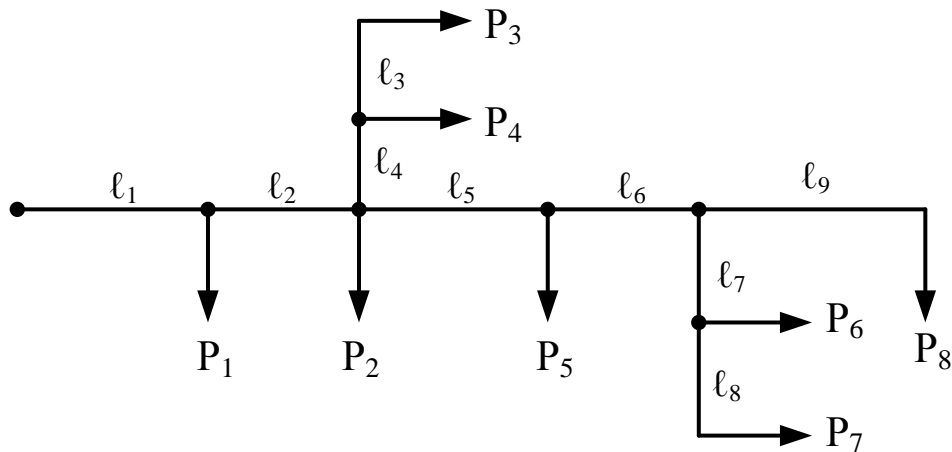


Рисунок 3.1 – Схема мережі навантаження

Розрахунок електричної мережі полягає у визначенні перерізу провідників на кожній її ділянці.

Вибір перерізу провідників проводиться з урахуванням таких вимог:

- 1) струм у мережі не повинен перевищувати тривало допустимий для провідників цього типу і перерізу при заданому способі прокладання;
- 2) напруга на останній лампі не повинна знижуватися нижче від допустимої.
- 3) механічна міцність проводів повинна відповідати прийнятому способу їх прокладання.

#### 3.1 Вибір перерізу провідників за нагрівом

Нагрів провідників спричиняється проходженням по них струму, величина якого визначається за формулами:

- для трифазної мережі з нульовим проводом або без нього при рівномірному навантаженні фаз:



$$I_n = \frac{P_3}{\sqrt{3} \cdot U_l \cdot \cos \varphi}; \quad (3.1)$$

- для двофазної мережі з нульовим проводом при рівномірному навантаженні фаз:

$$I_n = \frac{P_2}{2 \cdot U_\phi \cdot \cos \varphi}; \quad (3.2)$$

- для двопроводової мережі:

$$I_n = \frac{P_1}{U_n \cdot \cos \varphi}, \quad (3.3)$$

де  $P$  – активна потужність навантаження (у тому числі втрати в ПРА газорозрядних ламп) однієї, двох або трьох фаз, Вт;

$\cos \varphi$  – коефіцієнт потужності навантаження;

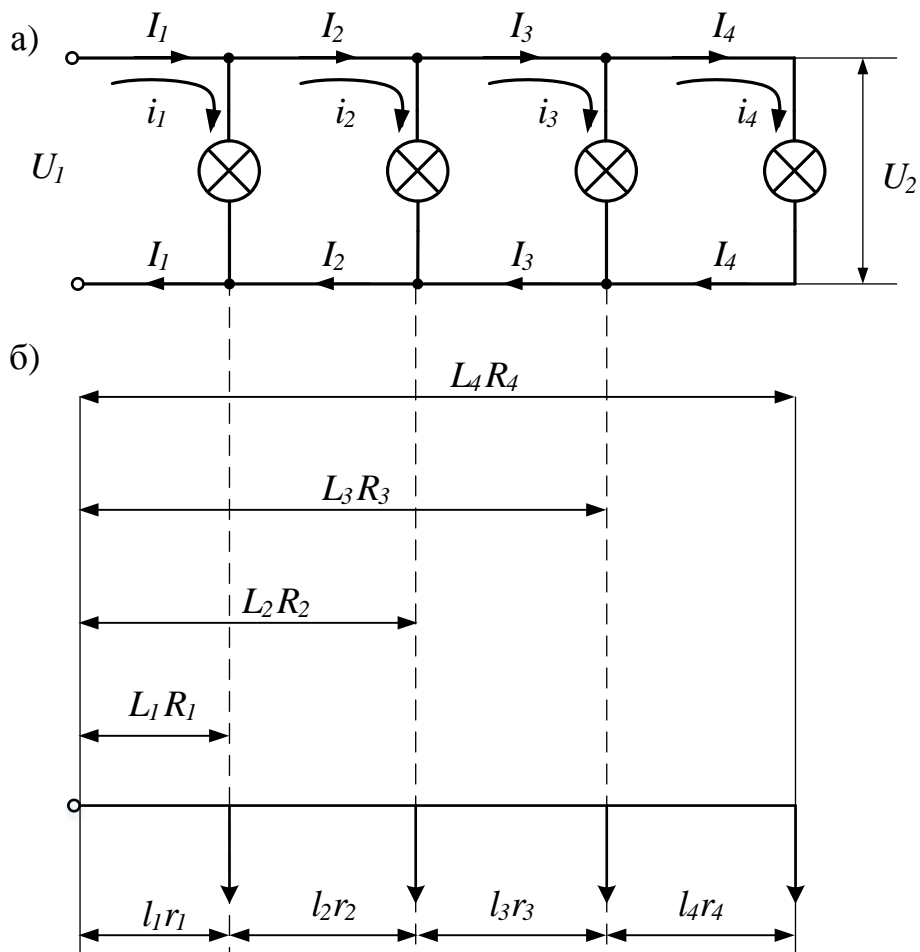
$U_l, U_\phi, U_n$  – відповідно лінійна, фазна і номінальна напруги, В.

Тривало допустимі струмові навантаження для проводів і кабелів залежно від умов прокладання вибирають за розрахованим тривало допустимим струмовим навантаженням на провід згідно з ПУЕ [2].

### **3.2 Розрахунок освітлювальної мережі за втратами напруги**

Розрахунок освітлювальної мережі за втратами напруги зводиться до вибору перерізу і матеріалів проводів мережі або при відомих проводах мережі – до визначення втрати напруги при передачі електроенергії від джерела живлення до електроприймача.

На рисунку 3.2, а наведена повна електрична схема підключення світильників у двопроводову мережу. У практиці розрахунків та оформлення документації з електричного освітлення наведену схему та їй подібні прийнято зображувати спрощено, як однолінійну (рисунку 3.2, б).



$i_1 - i_4$  – навантажувальні струми, А;  
 $I_1 - I_4$  – струми, які проходять по окремих ділянках лінії, А;  
 $l_1 - l_4$  – довжини окремих ділянок лінії, м;  
 $r_1 - r_4$  – опір проводів окремих ділянок лінії, Ом;  
 $L_1 - L_4, R_1 - R_4$  – довжини відрізків лінії від джерела до точки приєднання навантаження та їх опір

Рисунок 3.2 – Визначення втрат у двопроводовій лінії

З урахуванням позначень, прийнятих на рисунку 3.2, втрати напруги в проводах лінії можуть бути визначені за співвідношенням

$$\Delta U = U_1 - U_2 = 2 \cdot (I_1 \cdot r_1 + I_2 \cdot r_2 + I_3 \cdot r_3 + I_4 \cdot r_4), \quad (3.4)$$

або в загальному вигляді

$$\Delta U = 2 \cdot \sum I_i \cdot r_i. \quad (3.5)$$

З урахуванням навантажувальних струмів та опорів відрізків лінії від джерела до точки приєднання навантаження вираз для втрат напруги може бути записаний у вигляді

$$\Delta U = 2 \cdot (i_1 \cdot R_1 + i_2 \cdot R_2 + i_3 \cdot R_3 + i_4 \cdot R_4), \quad (3.6)$$

або

$$\Delta U = 2 \cdot \sum i_i \cdot R_i. \quad (3.7)$$

При однаковому перерізі і матеріалі проводів падіння напруги можна визначити так:

$$\Delta U = \frac{2}{\gamma \cdot S} \cdot \sum i \cdot L. \quad (3.8)$$

У практичних розрахунках використовують не струм, а потужність навантаження, тому падіння напруги можна визначити за формулою

$$\Delta U = \frac{2}{\gamma \cdot S \cdot U_n} \cdot \sum P \cdot L, \quad (3.9)$$

де  $U_n$  – номінальна напруга, В;

$P$  – навантаження споживачів, Вт;

$L$  – довжини відрізків лінії від джерела до точки приєднання навантаження, м;

$S$  – переріз проводу, мм<sup>2</sup>;

$\gamma$  – питома провідність матеріалу проводів мережі; при розрахунках мережі приймають  $\gamma = 53$  м/Ом·мм<sup>2</sup> – для мідних проводів,  $\gamma = 32$  м/Ом·мм<sup>2</sup> – для алюмінієвих.

Прийнято втрати напруги виражати у відсотках номінальної напруги, а навантаження – в кіловатах, тоді формула (3.9) буде мати вигляд

$$\Delta U_{\%} = \frac{2 \cdot 10^5}{\gamma \cdot S \cdot U_n^2} \cdot \sum P \cdot L, \quad (3.10)$$

де  $P$  – навантаження споживачів, кВт.

Добуток  $P \cdot L$  називається моментом навантаження:

$$M = P \cdot L. \quad (3.11)$$

Якщо для певних умов розрахунку однакові напруги мережі і матеріал проводу, то втрати напруги у відсотках можна розрахувати за формулою

$$\Delta U_{\%} = \frac{\sum M}{C \cdot S}, \quad (3.12)$$

де  $C$  – коефіцієнт, який залежить від матеріалу проводу та напруги мережі:

$$C = \frac{\gamma \cdot U_n^2}{2 \cdot 10^5}. \quad (3.13)$$

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 ДБН В.2.5-28-2006. Естественное и искусственное освещение [Текст]. – Взамен СНиП II-4-79; введ. 2006-10-01. – К. : Минстрой Украины, 2006. – 76 с.

2 Правила улаштування електроустановок [Текст]. – Харків : Форт, 2014. – 736 с.

3 Кнорринг, Г. М. Справочная книга для проектирования электрического освещения [Текст] / Г. М. Кнорринг, И. М. Фадин, В. Н. Сидоров. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Энергоатомиздат. Санкт-Петербургское отд-ние, 1992. – 448 с.

4 Козловская, В. Б. Электрическое освещение [Текст]: справочник. / В. Б. Козловская, В. Н. Радкевич, В. Н. Сацкевич. – 2-е изд. – Минск: Техноперспектива, 2008. – 271 с.

## ДОДАТОК А

### Вихідні дані до завдання 2

Таблиця А.1

Варіант	a, м	b, м	H, м	E <sub>н</sub> , лк	h <sub>р</sub> , м	ρ <sub>ст</sub> ,	ρ <sub>с</sub>	ρ <sub>р</sub>	Тип приміщення
1	100	60	12	200	0,8	0,7	0,5	0,3	Нормальне
2	40	30	7	400	1,0	0,7	0,5	0,1	Вологе
3	20	30	11	300	0,6	0,7	0,3	0,1	Сире
4	50	40	10	400	0,7	0,5	0,5	0,3	Запилене
5	40	30	9	500	0,8	0,5	0,5	0,1	Нормальне
6	50	20	8	600	0,9	0,5	0,3	0,1	Вологе
7	60	30	7	200	1,0	0,3	0,1	0,1	Сире
8	30	30	8	300	0,6	0	0	0	Запилене
9	90	60	9	400	0,7	0,7	0,5	0,3	Нормальне
10	60	20	10	500	0,8	0,7	0,5	0,1	Вологе
11	80	40	11	600	0,9	0,7	0,3	0,1	Сире
12	20	30	7	200	1,0	0,5	0,5	0,3	Запилене
13	120	80	12	300	0,6	0,5	0,5	0,1	Нормальне
14	70	60	8	400	0,7	0,5	0,3	0,1	Вологе
15	50	30	9	500	0,8	0,3	0,1	0,1	Сире
16	25	15	10	600	0,9	0	0	0	Запилене
17	65	40	11	300	1,0	0,7	0,5	0,3	Нормальне
18	55	25	12	200	0,8	0,7	0,5	0,1	Вологе
19	20	10	7	600	0,8	0,7	0,3	0,1	Сире
20	35	155	8	400	0,7	0,5	0,5	0,3	Запилене

Примітка – висота підвісу світильників від підлоги повинна бути не більш ніж 5–6 м.

## ДОДАТОК Б

### Галузі застосування світильників залежно від умов навколишнього середовища

Таблиця Б.1

Характеристика приміщень за умовами навколишнього середовища	Типи світильників
Нормальне	ЛВП04, ЛВП05, ЛВП06, ЛСП02, ЛСП13, РСП05, РСП08, ГСП 17, ГСП18, ДСП 02У, ДПП24У, ДББ37У
Вологе	РСП12, РСП14, ГСП15, ГСП07В, ДСП11, ДСП23
Сире	ЛСП18, ЛСП22, ПВЛМ, РСП21, ДСП23, ДСП07У
Запилене	ЛВП04, ЛСП18, ЛСП22, ПВЛМ, РСП08, РСП14, РСП18, ГСП15, ДСП11, ДСП23

## ДОДАТОК В

### Вихідні дані до завдання 3

Таблиця В.1

Приєднана потужність, кВт	Передостання цифра шифру									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P <sub>1</sub>	0,3	0,5	0	1,0	0,5	0	0	2,0	0	1,0
P <sub>2</sub>	0,5	0	2,0	0	2,5	1,0	2,5	0	0,3	0
P <sub>3</sub>	0	1,0	1,0	0,5	0	0,5	0	1,0	0	1,5
P <sub>4</sub>	1,0	0	0,5	2,0	1,0	0	1,0	0,5	1,0	0
P <sub>5</sub>	0	0,3	0	2,5	0	2,0	2,0	2,5	0	0,3
P <sub>6</sub>	0,5	1,0	2,5	0	2,0	2,5	0,5	0	2,0	0,5
P <sub>7</sub>	1,0	2,0	0	1,0	0	1,0	0	0,3	0,5	0
P <sub>8</sub>	0	0	0,5	0	1,5	0	1,0	0	1,0	2,0

Таблиця В.2

Довжина відрізків лінії, м	Остання цифра шифру									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ℓ <sub>1</sub>	30	40	30	20	30	40	10	25	20	50
ℓ <sub>2</sub>	45	30	40	30	50	10	25	20	50	10
ℓ <sub>3</sub>	0	25	30	40	10	35	20	50	10	20
ℓ <sub>4</sub>	20	30	45	10	45	20	50	30	25	15
ℓ <sub>5</sub>	30	20	10	25	20	40	30	25	45	35
ℓ <sub>6</sub>	20	10	25	20	55	10	40	10	15	45
ℓ <sub>7</sub>	10	35	20	50	30	15	10	40	20	10
ℓ <sub>8</sub>	25	20	50	10	45	25	25	10	40	30
ℓ <sub>9</sub>	20	50	30	25	15	35	35	15	10	40
Матеріал проводу	м.	а.	м.	а.	м.	а.	м.	а.	м.	а.





