



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ

**Харківський національний технічний університет
сільського господарства імені Петра Василенка**

**Навчально-науковий інститут енергетики
та комп'ютерних технологій**

**ЕЛЕКТРИЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ ТА ОПРОМІНЕННЯ
(II ЧАСТИНА)**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ПРАКТИЧНИХ РОБІТ
З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

«ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЇ ТА ЕЛЕКТРООСВІТЛЕННЯ»

Затверджено
на засіданні кафедри «Інтегровані
електротехнології та процеси»
Протокол № 11 від 31.08.2017 р.

Затверджено
на засіданні Методичної ради
навчально-наукового інституту
енергетики та комп'ютерних
технологій
Протокол № 1 від 5.09.2017 р.

Харків 2017

6Ф 6.5
Ж 91
ББК-62-52 (075)

Автори укладачі: Кунденко М. П., проф., д.т.н., завідувач кафедри ІЕТП; Єгорова О. Ю., к.т.н., доцент (Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка).

Під редакцією: Кунденко М. П., проф., д.т.н., завідувач кафедри ІЕТП (Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка).

Електричне освітлення та опромінення (II частина): методичні вказівки до практичних робіт з навчальної дисципліни «Електротехнології та електроосвітлення» / М. П. Кунденко, О. Ю. Єгорова. - Х.: ХНТУСГ ім. Петра Василенка, 2017. – 51 с.

Рецензенти:

Єгоров Олексій Борисович, к.т.н., доцент Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка (м. Харків).

Методичні вказівки призначені для виконання практичних робіт студентами за напрямом підготовки 6.100101 Енергетика та електротехнічні системи в агропромисловому комплексі.

© Кунденко М. П., Єгорова О. Ю.
© Харківський національний
технічний університет сільського
господарства імені Петра Василенка

ЗМІСТ

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1. РОЗРАХУНОК ЕНЕРГЕТИЧНОГО СВІТІННЯ (ВИПРОМІНЕНOSTІ) І ОСВІТЛЕНOSTІ (ОПРОМІНЕНOSTІ)..... | 6 |
| 2 РОЗРАХУНОК ПОТОКУ ВИПРОМІНЕННЯ ЛАМП..... | 12 |
| 3. РОЗРАХУНОК СИЛИ СВІТЛА..... | 19 |
| 4. РОЗРАХУНОК ОСВІТЛЕНOSTІ..... | 25 |
| 5. РОЗРАХУНОК СВІТІННЯ І ЯСКРАВОСТІ..... | 32 |
| СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ..... | 36 |

1. РОЗРАХУНОК ЕНЕРГЕТИЧНОГО СВІТІННЯ (ВИПРОМІНЕНОСТІ) І ОСВІТЛЕНОСТІ (ОПРОМІНЕНОСТІ)

Мета заняття: освоєння теорії і практики розрахунку основних світлотехнічних параметрів освітлювальних установок.

Методичні вказівки

Реальні джерела випромінювання мають цілком визначені габаритами і характеризуються довжиною, шириною, площею поверхні, що світиться. При цьому виникає задача визначення рівномірності розподілення потоку випромінювання по поверхні джерела. Для оцінки рівномірності потоку випромінення поверхні джерела введено поняття енергетичного світіння (випроміненості) M_e .

Енергетичне світіння M_e визначається відношенням елементарного потоку випромінення $d\Phi_e$ до площі елементарного випромінюючого елемента dA_u ,

$$M_e = d\Phi_e / dA_u \quad (1.1)$$

Якщо у випромінювача рівномірне розподілення потоку випромінення, то вираз (1.1) приймає вигляд:

$$M_e = \Phi_e / A_u \quad (1.2)$$

де A_u – площа випромінювача, m^2 .

Одиниця вимірювання освітлення ($Bm \cdot m^2$) рівна поверхневій густині потоку випромінення, при якій поверхня площею $1m^2$ випускає потік випромінення, рівний $1Bm$.

Густина потоку випромінення на поверхні об'єкту, на яку він падає, називається енергетичною освітленістю /опроміненість/ E_e , яка визначається відношенням елементарного потоку випромінення, який падає на елементарний елемент поверхні об'єкту і рівномірно розподіленого на ній, до площі цього елемента:

$$E_e = d\Phi_e / dA_u$$

Якщо поверхня об'єкта має кінцеві значення, а потік рівномірно розподілений по всій площі, то енергетична освітленість:

$$E_e = \Phi_e / A_0 \quad (1.3)$$

Одиниця вимірювання енергетичної освітленості ($\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2}$) дорівнює значенню енергетичної освітленості поверхні об'єкта площею м^2 , на яку падає потік випромінення 1 Вт .

З вищесказаного видно, що обидва параметри є відношенням потоку випромінення до площі. Різниця полягає в тому, що енергетичне освітлення є параметром джерела випромінювання, а енергетична освітленість визначає густину потоку, який падає на об'єкт.

При розгляді цих параметрів потрібно мати на увазі, що частина потоку випромінення, яка досягла об'єкта, відбивається від поверхні. Якщо прийняти припущення про відсутність ослаблення потоку випромінення у середовищі між джерелом випромінювання і об'єктом опромінення, то обидва параметри зв'язані між собою:

$$E_e = \rho_e M_e$$

де ρ_e – інтегральний коефіцієнт відбивання.

Розглянемо приклад розрахунку.

Приклад 1. Визначити опроміненість поверхні листа металу, який має коефіцієнт відбивання $p_e = 0,5$, якщо енергетичне світіння випромінювача $M_e = 100 \text{ Вт.м}^{-2}$

$$E_e = M_e p_e = 100 \cdot 0,5 = 50 \text{ Вт.м}^{-2}$$

Приклад 2. Точкове джерело має потік випромінювання $12,56 \text{ Вт}$ і розташований в центрі сфери радіусом 1 м . Джерело випромінює потік рівномірно по всім напрямкам. Визначити силу випромінення і опромінення поверхні.

Сила випромінення

$$I_e = \Phi_e / \omega$$

де ω – тілесний кут, ср.

Найбільший тілесний кут $\omega_{\text{макс}} = A_c / r^2$,

де A_c – площа опори максимального тілесного кута ,

де r – радіус сфери; відповідно $\omega_{\text{макс}} = 4\pi r^2 / r = 4\pi \cdot \text{ср}$

Підставляючи значення ω , одержуємо значення сили випромінення:

$$I_e = 12,56 / 4\pi \approx 1 \text{ Вт.ср}^{-1}$$

З урахуванням /1.3/ визначаємо опромінення:

$$E_e = \Phi_e / A_o = 12,56 / 4\pi = 1 \text{ Вт.ср}^{-2};$$

де $A_o = 4\pi$ – площа поверхні сфери, м^2 .

Приклад 3. Визначити енергетичне світіння випромінюючої поверхні $A_u = 1 \text{ м}^2$, якщо вона випромінює рівномірно по всій світловій поверхні потік випромінення 10 Вт .

По виразу /1.2/ визначаємо:

$$M_e = \Phi_e / A_u = 10 / 1 = 10 \text{ Вт.м}^{-2}$$

Завдання для самостійної роботи

Завдання 1. Визначити енергетичне опромінення поверхні зерна, яке має коефіцієнт відбивання ρ_e , якщо енергетичне світіння випромінювача M_e . Дані приведені в табл. 1.1 (номер варіанта відповідає номеру студента по списку групи).

Таблиця 1.1 Коефіцієнт відбивання та енергетичне світіння

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Варіант | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| ρ_e | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 |
| M_e , Вт/м ² | 8 | 13 | 26 | 35 | 7 | 12 | 25 | 3-1 | 6 | 11 | 24 | 33 | 5 | 10 |

Продовження таблиці 1.1.

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Варіант | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 |
| ρ_e | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,8 | 0,9 |
| M_e , Вт/м ² | 23 | 31 | 40 | 4 | 9 | 22 | 30 | 39 | 3 | 21 | 8 | 29 | 38 | 42 |

Завдання 2. Визначити енергетичне світіння випромінюючої поверхні лампи площею A_w , якщо вона випромінює рівномірно по всій поверхні потік випромінювання Φ_e . Дані приведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2. Площа поверхні та потік випромінювання.

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|
| Варіант | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| $A_u, \text{м}^2$ | 13 | 15 | 18 | 24 | 46 | 15 | 18 | 24 | 36 | 42 | 17 | 29 | 30 | 31 | 34 |
| $\Phi_e, \text{Вт}$ | 3 | 8 | 12 | 24 | 16 | 17 | 40 | 43 | 45 | 48 | 51 | 54 | 39 | 100 | 41 |

Продовження таблиці 1.2.

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Варіант | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| $A_u, \text{м}^2$ | 38 | 5 | 8 | 13 | 36 | 42 | 58 | 57 | 56 | 63 | 68 | 64 | 65 | 70 | 75 |
| $\Phi_e, \text{Вт}$ | 18 | 36 | 35 | 34 | 33 | 32 | 31 | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 |

Завдання 3. Визначити енергетичне опромінення поверхні A_o при опроміненні потоком Φ_e . Дані приведеш в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3. Плотта поверхні та потік опромінення

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Варіант | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| $A_o, \text{м}^2$ | 26 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 24 | 25 | 28 | 30 |
| $\Phi_e, \text{Вт}$ | 75 | 50 | 43 | 42 | 41 | 36 | 34 | 33 | 32 | 31 | 30 | 29 | 28 | 23 | 24 |

Продовження таблиці 1.3.

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Варіант | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| $A_o, \text{м}^2$ | 31 | 36 | 39 | 40 | 42 | 43 | 45 | 43 | 50 | 52 | 56 | 57 | 58 | 61 | 75 |
| $\Phi_e, \text{Вт}$ | 28 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 12 | 3 | 4 | 6 | 5 | 7 | 8 | 13 |

Контрольні запитання

1. Дайте визначення енергетичному світінню і енергетичному опроміненню. їх різниця та одиниці вимірювання.

2. Чому дорівнює опроміненість поверхні, яка повністю відбиває потік випромінення?

3. Назвіть одиниці виміру енергетичного світіння і енергетичного випромінювання.

2. РОЗРАХУНОК ПОТОКУ ВИПРОМІНЕННЯ ЛАМП

Мета заняття: визначення світлового потоку ламп з лінійчатим спектром по відомому розподіленню потоку випромінення.

Методичні вказівки

Світловий потік – це ефективний потік в системі світлових величин і одиниць. Світловим потоком називають потужність (кількість енергії за одиницю часу) світлового випромінення в діапазоні від 380 до 780 нм. Для вимірювання потоку випромінення використовується одиниця потужності – Ват ($1 \text{ Вт} = 1 \text{ Дж} \cdot \text{с}^{-1} = 6,25 \cdot 10 \text{ eV} \cdot \text{с}^{-1}$).

Потік випромінення за кінцевий інтервал часу t :

$$\Phi_e = W_e / t$$

де θ_e – енергія випромінення джерела за інтервал часу t .

При використанні світлової системи величин одиниць індекс e як правило, не ставиться. За одиницю світлового потоку прийнято люмен (лм). Люмен – світловий потік, що випромінюється чорним тілом з площі вихідного вікна отвору, рівної $0,5305 \text{ м}^2$, при нормальному атмосферному тиску і при температурі затвердіння платини 2046 К .

Потік випромінення джерела може бути приведений до світлового потоку за допомогою функціональної залежності $Y = f(\lambda)$ – відносної спектральної світлової ефективності, яка визначається по відношенню двох потоків з довжиною хвиль λ і $\lambda_{\text{макс}}$. Які викликають в чітко визначених

фотометричних умовах однакове зірове відчуття. Інколи функцію $Y = f(\lambda)$ називають відносною спектральною світловою ефективністю ока. При цьому значення $\lambda_{\text{макс}}$ вибирають так, щоб максимальне значення $Y = f(\lambda)$ дорівнювало оди ниці.

Спектральна чутливість приймача $S(\lambda) = \Phi(\lambda)/\Phi_e(\lambda)$ (відношення ефективного потоку випромінення $Y(\lambda)$ до потоку випромінення $\Phi_e(\lambda)$) необхідна для визначення максимального значення $S(\lambda)_{\text{макс}}$. Для практики необхідно знати $S(\lambda)_{\text{макс}}$ при $\lambda = 555\text{нм}$. Встановлено, що відношення між одиницями потоку випромінення і світловими одиницями ваттом і люменом слідує: 1Вт однорідного потоку випромінення з $\lambda = 555\text{нм}$ рівний 683 лм світлового потоку. Отже $S(\lambda)_{\text{макс}} = 683\text{ лм}\cdot\text{Вт}^{-1}$. Фізично це означає, що 1 Вт однорідного потоку випромінення з $\lambda = 555\text{ нм}$ викликає таку ж дію, як і світловий потік, рівний 683 лм .

Таким чином, $\Phi(\lambda)$ – однорідний світловий потік з довжиною хвилі λ – можна виразити як:

$$\Phi(\lambda) = S(\lambda)_{\text{макс}} Y(\lambda) \Phi_e(\lambda) = 683 Y(\lambda) \Phi_e(\lambda) \quad (2.1)$$

Світловий потік джерела з лінійчатим спектром:

$$\Phi = 683 \sum_{i=1}^n \Phi_e(\lambda_i) Y(\lambda_i)$$

Де $\Phi_e(\lambda_i)$ – потік випромінення i – ї лінії;

n – число ліній;

$Y(\lambda_i)$ – значення відносної спектральної світлової ефективності для довжини хвилі λ_i .

Для джерела із суцільним спектром:

$$\Phi = 683 \int_0^{\infty} \Phi_e \lambda(\lambda) v(\lambda) d\lambda \quad (2.2)$$

Оскільки функція $v(\lambda)$ прямує до нуля при $\lambda < 380$ нм і $\lambda > 780$ нм, світловий потік:

$$\Phi = 683 \int_{\lambda=380\text{нм}}^{\lambda=780\text{нм}} \Phi_e \lambda(\lambda) v(\lambda) d\lambda \quad (2.3)$$

Інтегрування виразу (2.3) можна здійснити по формулі:

$$\Phi = \Delta\lambda 683 \sum_{i=1}^n \Phi_{\lambda}(\lambda)_i v(\lambda)_i$$

де $\Delta\lambda$ – ширина спектрального інтервалу;
 n – число ділянок, на які розбивається видима область спектра;

Φ_{λ} – значення спектральної щільності потоку випромінювання для середини i -го спектрального інтервалу;

$v(\lambda)_i$ – значення відносної спектральної світлової ефективності ока для середини i -го спектрального інтервалу.

Значення $v(\lambda)_i$ приведені в таблиці 2.1.

Розглянемо приклади розрахунку.

Приклад 1. Визначити потоки випромінювання однорідних випромінювань з $\lambda_1 = 400$ нм; $\lambda_2 = 555$ нм; $\lambda_3 = 700$ нм, якщо світловий потік кожного із цих випромінювань рівний 683 лм.

Розв'язок.

По табл. 2.1. знаходимо значення

$v(\lambda_1) = 0,0004$; $v(\lambda_2) = 1,0$; $v(\lambda_3) = 0,041$.

По виразу – (2.1) визначаємо:

$$\Phi_e(\lambda_i) \frac{\hat{O}(\lambda_1)}{683\nu(\lambda_1)} = \frac{683}{683 \cdot 0,0004} = 2500 \text{ Вт};$$

$$\Phi_e(\lambda_1) = 1 \text{ Вт}$$

$$\Phi_e(\lambda_3) = \frac{683}{683 \cdot 0,0041} = 244 \text{ Вт}$$

Приклад 2. Знайти світловий потік ртутної лампи високого тиску, яка має лінійчатий спектр і слідує розподілення потоку випромінювання:

| | | | | |
|---------------------------------------------|-------|------------|-------|---------------|
| Довжина хвилі λ , нм | 405 | 436 | 546 | 577- 579 |
| Потік випромінювання $\Phi_e(\lambda)$, Вт | 5,2 | 9,1 | 10,5 | 10,2- 13,5 |
| Значення $\nu(\lambda)$ | 0,007 | 0,017 5 | 0,984 | 0,889 |

Таблиця 2.1. Довжина хвилі та значення відносної спектральної світлової ефективності

| Варіант | <i>нм</i> | Денний зір | Нічний зір | Варіант | <i>нм</i> | Денний зір | Нічний зір |
|---------|-----------|------------|------------|---------|-----------|------------|------------|
| 1. | 380 | 0,000 0 | 0,0005 | 22 | 59 0 | 0,757 | 0,0685 |
| 2. | 390 | 0,000 1 | 0,0022 | 23 | 60 0 | 0,631 | 0,0332 |
| 3. | 400 | 0,000 4 | 0,0093 | 24 | 61 0 | 0,503 | 0.0159 |
| 4. | 410 | 0,001 2 | 0,0349 | 25 | 62 0 | 0,381 | 0,0074 |
| 5. | 420 | 0,004 0 | 0,0966 | 26 | 63 0 | 0,265 | 0.003 |
| 6. | 430 | 0,011 6 | 0,1998 | 27 | 64 0 | 0,175 | 0.0014 |
| 7. | 440 | 0,023 | 0,3281 | 28 | 65 0 | 0,107 | 0.0007 |
| 8. | 450 | 0,038 | 0,455 | 29 | 66 0 | 0061 | 0.0003 |
| 9. | 460 | 0,060 | 0,567 | 30 | 67 0 | 0,032 | 0.0001 |
| 10. | 470 | 0,091 | 0,676 | 31 | 68 0 | 0,017 | 0 |
| 11. | 480 | 0,139 | 0,793 | 32 | 69 0 | 0,008 | |
| 12. | 490 | 0,208 | 0,904 | 33 | 70 0 | 0,004 | |
| 13. | 500 | 0,323 | 0,982 | 34 | 71 0 | 0,002 | |

| | | | | | | | |
|-----|-----|-------|-------|------|----------------|--------|--|
| 14. | 510 | 0,503 | 0,997 | 35 | $\frac{72}{0}$ | 0,001 | |
| 15. | 520 | 0,710 | 0,935 | 36 | $\frac{73}{0}$ | 0,0005 | |
| 16. | 530 | 0,862 | 0,811 | 37 | $\frac{74}{0}$ | 0 | |
| 17. | 540 | 0,954 | 0,650 | 38 | $\frac{75}{0}$ | | |
| 18. | 550 | 0,995 | 0,481 | 39 | $\frac{76}{0}$ | | |
| 19. | 560 | 0,995 | 0,329 | 40 | $\frac{77}{0}$ | | |
| 20. | 570 | 0,952 | 0,208 | i 41 | $\frac{78}{0}$ | | |
| 21. | 580 | 0,870 | 0,121 | | | | |

Використовуючи вираз (2.2) одержимо:

$$\Phi = 683 \sum_{i=1}^n \hat{O}(\lambda) v(\lambda) = (5,2 \cdot 0,007 + 9,1 \cdot 0,175 + 10,5 \cdot 0,984 + 10,2 \cdot 0,889) = 13300 \text{ лм}$$

Завдання для самостійної роботи

Завдання 1. Визначити потоки випромінення однофазних випромінювачів $n + 6 = \lambda_i$, де n номер студента по списку групи, для шести значень.

Наприклад: номер 5. Перше значення $\lambda_1 = 420$ нм, а друге значення $\lambda_2 = 48$ нм, третє значення $\lambda_3 = 540$ нм і т.д.

В табл. 2.1. дані спектральні світлові ефективності випромінення випромінювачів.

Завдання 2. Знайти світловий потік лампи, яка має лінійчатий спектр і слідує розподілення світлового потоку:

Довжина хвилі λ , *нм* (по задачі 1); потік випромінення $\Phi_e(\lambda_2)$, *Вт* (перше значення відповідає порядковому номеру по списку групи, слідує $n + 4$)

$$\hat{O}_a(\lambda_1) = 1$$

Наприклад: по списку № 1 $\hat{O}_a(\lambda_2) = 5$ і т.д.

$$\hat{O}_a(\lambda_3) = 9$$

Контрольні запитання

1. Дайте визначення потоку випромінення світлового потоку.

2. Дайте визначення одиниці світлового потоку.

3. Яким чином здійснюється приведення потоку випромінення до світлового потоку?

4. Запишіть вираз для світлового потоку однорідного випромінення джерела, який має суцільний і лінійчатий спектри випромінення.

3. РОЗРАХУНОК СИЛИ СВІТЛА.

Мета заняття: вивчення методики розрахунку сили світла.

Методичні вказівки

Силою світла I називають просторову густину світлового потоку у заданому напрямку. Вона визначається відношенням елементарного світлового потоку $d\Phi$ до елементарного тілесного кута $d\omega$, у межах якого знаходиться і рівномірно розподілений цей світловий потік:

$$I = d\Phi / d\omega$$

Для рівномірно розподіленого світлового потоку у межах тілесного кута ω справедливий наступний вираз:

$$I = \Phi / \omega \quad (3.1)$$

Для джерела симетричного світлорозподілення фотометричне тіло є також симетричним і сила світла I в будь-якому напрямку кута α до вісі симетрії джерела однакова: для джерела несиметричного світлорозподілення I визначається двома кутами – α і φ .

Графік розподілення I / аналогічний графіку розподілу сили випромінювання, а саме: для джерел симетричного світлорозподілення будується продольна крива (рис. 3.1), для несиметричного – сімейство повздовжніх кривих I для різних кутів φ (див. рис. 3.2).

Зональні світлові потоки джерела світла розраховують так:

$$\Phi = 2\pi \int_{\varphi_i=0}^{\varphi_i=180} I_{cp}(\varphi_i) (\cos \varphi_i - \cos \varphi_{i-1}) \quad (3.2)$$

$$\Delta \Phi_i = 2\pi I(\varphi_{cpi}) (\cos \varphi_i - \cos \varphi_{i-1}) \quad (3.3)$$

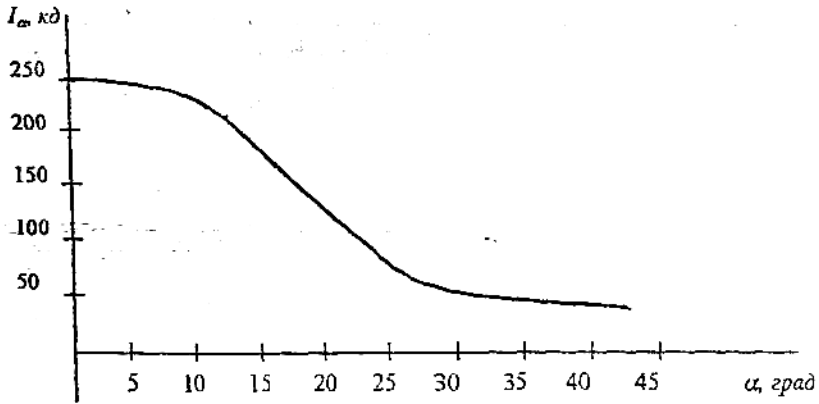


Рис.3.1. Повздовжня крива сили світла (випромінювання) у прямокутній системі координат.

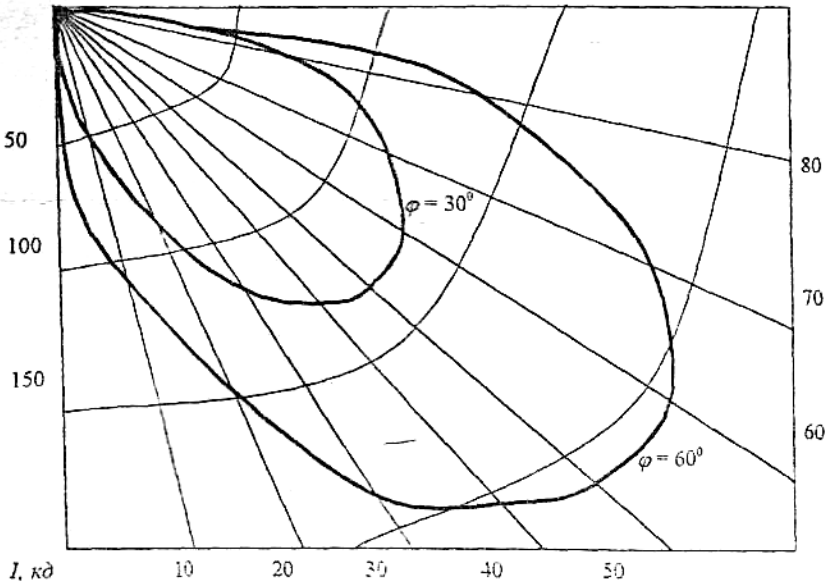


Рис. 3.2. Сімейство повздовжніх кривих сили світла несиметричного джерела зипромінення.

У виразах (3.2) і (3.3) використано залежність між кутом α і відповідним йому тілесним кутом. У результаті для кута φ_i маємо:

$$\omega_i = 2\pi(1 - \cos \varphi_i)$$

За одиницю сили світла умовно прийнято величину, яка за допомогою світлового еталону, кандели. Це визначається сила світла, яка випромінюється у перпендикулярному напрямку поверхні чорного тіла площею $0,5305 \text{ м}^2$ при температурі затвердіння платини, при нормальному атмосферному тиску і температурі 2045 К .

Зв'язок люмена з канделою виражається слідуючим чином: один люмін рівний світловому потоку, який випромінюється точковим джерелом світла з силою світла в одну канделу у середні тілесного кута, який дорівнює один стерадіан, тобто:

Розглянемо приклад розрахунку.

Приклад 1. Яке значення сили світла рівномірно світящої точки, яка випромінює світловий потік $\Phi = 125,6 \text{ лм}$ з однаковою густиною у всіх напрямках простору?

Розв'язок: $I = \Phi / 4\pi = 10 \text{ кд}$

Приклад 2. Чому дорівнює значення світлового потоку, який випромінюється джерелом у середині зонального тілесного кута $\Delta\omega_{20-30}$, якщо значення сили світла у цьому напрямку $I_{\alpha=25} = 100 \text{ кд}$?

Розв'язок:

Відповідно /3.1/, /3.2/

$$\Phi_{\omega\Delta} = I_{\alpha=25} \cdot \Delta i_{20-30} = 2\pi I_{\alpha=25} (\cos 20^\circ - \cos 30^\circ) \approx 46,3 \text{ лм}$$

Завдання для самостійної роботи

Завдання 1. Визначити силу світла, джерела яке рівномірно світиться з потоком Φ однакової густини у всіх напрямках (значення потоку взяти з табл. 3.1.) варіант завдання відповідає номеру студента в списку групи.

Таблиця 3.1. Потік випромінювання

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------------|
| Варіант | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| Φ , лм | 10 | 16 | 17 | 28 | 32 | 40 | 45 | 56 | 60 | 63 | 69 | 72 | 74 | 85 | $\frac{8}{7}$ |

Продовження таблиці 3.1.

| | | | | | | | |
|-------------|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| Варіант | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| Φ , лм | 90 | 93 | 95 | 97 | 102 | 116 | 125 |

Продовження таблиці 3.1.

| | | | | | | | | |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Варіант | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| Φ , лм | 153 | 183 | 190 | 200 | 213 | 215 | 227 | 314 |

Завдання 2. Визначити величину світлового потоку, який випромінюється джерелом у середині зонального тілесного кута $\Delta\omega_{A-B}$, сила світла джерела I .

Початкові дані – в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2. Зональний кут та ста світла джерела

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Варіа нт | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| <i>A</i> | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 |
| <i>B</i> | 10 | 15 | 20 | 30 | 35 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 |
| <i>I, кд</i> | 10 | 20 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 |

Продовження таблиці 3,2

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Варіа нт | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| <i>A</i> | 80 | 85 | 90 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 80 | 70 | 60 |
| <i>B</i> | 85 | 90 | 80 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 80 | 70 | 60 | 50 |
| <i>I, кд</i> | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 |

Контрольні запитання

1. Дайте визначення сили світла і розкажіть про її графічне зображення для джерел, які мають симетричне і несиметричне фотометричне тіло.

2. Яка одиниця виміру сили світла?

3. Як можна визначити одиницю потоку за допомогою одиниці сили світла.

4. РОЗРАХУНОК ОСВІТЛЕНОСТІ

Мета заняття: вивчення методу розрахунку освітленості

Методичні вказівки

Освітленість – це густина світлового потоку на поверхні, яка освітлюється.

Освітленість – це відношення світлового потоку Φ , до площі поверхні A , на яку він падає.

Для рівномірного розподілення світлового потоку по освітлюючій (опромінювальній) її поверхні кінцевого розміру площею A :

$$E = \Phi/A_0$$

Для нерівномірного розподілення світлового потоку:

$$E = d\Phi/dA_0$$

де dA – елементарна ділянка освітлюючої поверхні, m^2 ;

$d\Phi$ – елементарний світловий потік (рівномірно розподілений на dA поверхні), лм.

Одиниця освітленості – люкс (лк). Один люкс – освітленість, яка здійснюється рівномірно розподіленим світловим потоком на освітлювальній поверхні

$$1\text{лм}^2 \cdot 1\text{м}^{-2} = 1\text{лм} \cdot \text{м}^{-2}$$

При необхідності освітленість можна виразити через інші світлові величини, наприклад, силу світла, яскравість і т.д. У цьому випадку можна представити освітленість функцією відстані від джерела до об'єкта.

Припустимо, що світловий потік Φ рівномірно

розподілений усереднені тілесного кута створює освітленість E_1 і E_2 на площах A_1 і A_2 , розташованих у площинах, які перпендикулярні осі кута ω . Тоді

$$E_1 = \Phi/A_1 \quad E_2 = \Phi/A_2$$

Із геометрії відомо, що площі паралельних поверхонь, які виражені тілесним кутом, прямопропорційні квадратам відстаней від вершин цього кута до кожної з цих поверхонь, тобто:

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{l_2^1}{l_1^2}$$

Внаслідок, при постійному потоці Φ

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{l_2^2}{l_1^2}$$

тобто освітленість змінюється обернено пропорційно квадрату відстані від джерела до площі яка освітлюється.

Якщо площадка має нахил до осі тілесного кута, на кут α , то

$$E'_2 = E_2 \cos \alpha$$

де $E = \Phi/A$ – освітленість, яка утворюється на площі A , перпендикулярної осі.

Світловий потік визначається силою світла джерела у даному напрямку:

$$\Phi = I\omega$$

Причому $\omega = A_2/l_2^2$

Тоді $E'_2 = (I_\omega/A_2) \cos \alpha = (I/l_2^2) \cos \alpha$ (4.1)

Аналіз виразу (4.1) свідчить:

- освітленість пропорційна силі джерела в даному напрямку і обернено пропорційна

- квадрату відстані від джерела до елемента, який освітлює, поверхні об'єкта (закон квадратів відстаней);
- освітленість пропорційна косинусу кута падіння потоку випромінювання на поверхню, яка освітлюється (закон Ламберта);
- вираз (4.1) справедливий для точкового випромінювача.

Якщо джерело випромінювання має кінцеві розміри, то його розбивають на частини, які по своїм розмірам можна рахувати точковими. При цьому визначають силу випромінювача світла і освітленості, яка здійснюється кожною ділянкою. Загальну освітленість приймають як суму освітленостей, які утворюються.

Розглянемо приклади розрахунку.

Приклад 1. Визначити освітленість E , яка утворюється лампою розжарення із силою світла $I = 400$ кд, на горизонтальній поверхні стола в його центрі і на відстанях $R_1 = 1$ м і $R_2 = 2$ м від нього, якщо джерело розміщено на висоті $h = 2$ м від поверхні столу.

Розв'язок.

Вважаємо лампу точковим джерелом, так як її розміри значно менші h . Використовуючи вираз (4.1), одержимо: у центрі столу:

$$\alpha = 0; \cos \alpha = 1; l = h = 2 \text{ м}; E = 400; (2)^2 \cdot I = 100 \text{ лк}$$

на відстані $R_1 = 1$ м від центра стола:

$$l = \sqrt{R_1^2 + h^2} = \sqrt{1 + 2^2} = \sqrt{5}$$

$$\cos \alpha = h / l_1 = 2 / \sqrt{5}$$

$$E_1 = (I / l^2) \cos \alpha_1 = \frac{400}{(\sqrt{5})^2} \cdot \frac{2}{\sqrt{5}} \approx 72 \text{ лк}$$

на відстані $R_2 = 2 \text{ м}$ від центра стола:

$$l_2 = \sqrt{R_2^2 - h^2} = \sqrt{(2)^2 + (2)^2} = 2\sqrt{2} \text{ м}$$

$$\cos \alpha_2 = h / l_2 = 2 / 2\sqrt{2} = 0,707$$

$$E_2 = (I / l_2^2) \cos \alpha_2 = \frac{400}{(2\sqrt{2})^2} = 35,35 \text{ лк}$$

Приклад 2. Точкове джерело випромінення розташоване на висоті h від освітлювальної горизонтальної поверхні і забезпечує на ній рівномірну освітленість. Визначити вираз, який описує необхідну продольну криву сили світла цього джерела.

Розрахувати криву сили світла для $E_A = 100 \text{ лк}$; $h = 1 \text{ м}$; $\alpha = 0, 10, 20, 30, 40, \dots 80$.

Розв'язок:

Вважаємо, що точка A знаходиться на відстані l від джерела світла.

$$\text{Тоді } \cos \alpha = h / l$$

Внаслідок, освітленість у точці A :

$$E_A = [I(\alpha) / (h^2 / \cos^2 \alpha)] \cos \alpha$$

звідки

$$I(\alpha) = E_A \times h^2 / \cos^3 \alpha = E_A \times I^2 / \cos^3 \alpha$$

Підставивши значення α , h і E , одержимо значення $I(\alpha)$, приведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1. Кут падіння сили світла та сила світла

| | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|-----------|
| α , град | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 |
| $I(\alpha)$, кд | 100 | 106 | 120 | 152 | 219 | 382 | 800 | 254 4 | 203 54 |

Завдання до самостійної роботи.

Завдання 1. Визначити освітленість на поверхні спини поросят, якщо точкове джерело розташоване на відстані l і має силу світла I . Визначити освітленість на відстані R_1 і R_2 м від центра спини тварини. Дані для розрахунку приведені в табл. 4.2. (варіант відповідає номеру студента у списку групи).

Таблиця 4.2. Сила світла та відстані

| | | | | | | | | | | |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Варіант | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| I , кд | 30 | 40 | 50 | 00 | 70 | 80 | 90 | 100 | 120 | 130 |
| I_1 , м | 2 | 1,9 | 1,8 | 1,7 | 1,6 | 1,5 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 1,1 |
| R_1 , м | 0,05 | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,25 | 0,3 | 0,35 | 0,4 | 0,45 | 0,5 |
| R_2 , м | 0,9 | 0,95 | 0,8 | 0,85 | 0,7 | 0,75 | 0,6 | 0,65 | 0,5 | 0,05 |

Продовження табл. 4.2.

| | | | | | | | | | | |
|-----------|------|-----|------|-----|------|------|------|-----|------|------|
| Варіант | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| I , кд | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 | 190 | 200 | 210 | 220 | 230 |
| I_1 , м | 1,0 | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,35 | 0,45 |
| R_1 , м | 0,45 | 0,4 | 0,35 | 0,3 | 0,25 | 0,2 | 0,15 | 0,1 | 0,05 | 0,1 |
| R_2 , м | 0,1 | 0,2 | 0,9 | 1,1 | 0,4 | 0,35 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,55 |

Продовження табл. 4.2.

| | | | | | | | | | | |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Варіант | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| I , кд | 240 | 250 | 260 | 270 | 280 | 290 | 300 | 310 | 320 | 330 |
| I_1 , м | 0,55 | 0,65 | 0,75 | 0,85 | 0,95 | 1,05 | 1,15 | 1,25 | 1,35 | 1,45 |
| R_1 , м | 0,15 | 0,2 | 0,25 | 0,3 | 0,35 | 0,4 | 0,45 | 0,5 | 0,4 | 0,3 |
| R_2 , м | 0,65 | 0,75 | 0,85 | 0,95 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1 |

Завдання 2. Розрахувати продольну криву сили світла точкового джерела в інтервалах, $\alpha = 0,5; 10; 15 \dots 85$, якщо рівень освітленості E , а висота установки джерела h . Дані для розрахунку приведені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3. Рівень освітленості та висоти джерела

| | | | | | | | | | | |
|----------|-----|------|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|
| Варіант | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| E , лк | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 |
| h , м | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,3 | 0,25 | 0,35 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,7 |

Продовження табл. 4.3.

| | | | | | | | | | | |
|----------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|-----|-----|
| Варіант | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| E , лк | 69 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | 105 |
| h , м | 0,3 | 0,9 | 0,55 | 0,65 | 0,70 | 0,95 | 1,00 | 1,05 | 1,1 | 1,2 |

Продовження табл. 4.3.

| | | | | | | | | | | |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Варіант | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 23 | 29 | 30 |
| E , лк | 110 | 115 | 120 | 125 | 130 | 135 | 140 | 145 | 150 | 155 |
| h , м | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2,0 | 2,1 | 2,2 |

Контрольні запитання

1. Дайте визначення освітленості.
2. Як називається одиниця освітленості.
3. Як знаходиться освітленість через силу світла джерела і відстані до нього?
4. Розкажіть про "закон квадратів відстаней".
5. Розкажіть про закон Ламберта стосовно освітленості.

5. РОЗРАХУНОК СВІТІННЯ І ЯСКРАВОСТІ

Мета заняття: вивчення методики розрахунку світіння і яскравості джерел випромінювання.

Методичні вказівки

Густина розподілення світлового потоку по поверхні випромінювача у системі світлових величин і одиниць називається світінням, тобто густиною світлового потоку по поверхні або вторинного джерела.

Світіння M поверхні випромінювача кінцевих розмірів площею A_u на якій даний потік Φ рівномірно розподілений:

$$M = \Phi/A_u$$

Для неравномірного розподілення по поверхні випромінювача світлового потоку

$$M = d\Phi/dA_u$$

де M – світіння елементарної ділянки поверхні випромінювача, $лм \cdot м^{-2}$;

dA_u – площа елементарної ділянки поверхні випромінювача, $м$;

$d\Phi$ – елементарний світловий потік, $лм$.

Світіння може бути виражене через спектральну густина і густина енергетичного світіння тіла, що випромінює $M_e \lambda(\lambda)$;

$$M = 683 \int M_e \lambda(\lambda) v(\lambda) d\lambda$$

Просторова густина у системі світлових величин і одиниць характеризується яскравістю L , тобто силою

світла $dI(\alpha)$ з площі проєкції dA елемента поверхні випромінюючого тіла dA на площу P , яка перпендикулярна напрямку випромінення.

Визначення і вираз для яскравості аналогічні відповідним визначення і виразом для енергетичної яскравості (променистості), тільки замість потоку випромінення в них розглядається ефективний світловий потік Φ і сила світла I . Одиниця яскравості – $\text{кд} \cdot \text{м}^{-2}$.

Зорове відчуття залежить від яскравості поверхні джерела світла, яка світиться. Значення яскравості деяких поверхонь:

сонце в zenіті $10^9 \text{кд} \cdot \text{м}^{-2}$;

поверхня вольфрамової нитки лампи розжарення – $5,5 \cdot 10^6 \text{кд} \cdot \text{м}^{-2}$;

люмінесцентна лампа – $7 \cdot 10^3 \text{кд} \cdot \text{м}^{-2}$.

Розглянемо приклади розрахунку.

Приклад 1. Визначити світимість рівнояскравого круга площею $A = 10 \text{см}^2$, який випромінює в перпендикулярному колі напрямку силу світла, $I_{(\alpha=0)} = 10 \text{кд}$

Розв'язок.

Використовуючи вираз $L_{ea} = I_{ea} / (A_u \cdot \cos \alpha)$

знайдемо яскравість круга:

$$L = I/A = 100/10 = 10 \text{кд} \cdot \text{см}^{-2} = 10^5 \text{кд} \cdot \text{м}^{-2}$$

Для рівнояскравих джерел:

Тоді світимість

$$M = \pi L = 3,14 \cdot 10^5 = 3,15 \cdot 10^5 \text{лм} \cdot \text{лм}^{-2}$$

Приклад 2. Визначити яскравість різнояскравого циліндра, якщо його розміри $D = 15 \text{мм}$, $l = 50 \text{мм}$.

Циліндр утворює в точці A горизонтальної площини $E = 5 \cdot 10$ лк, причому висота установки випромінювача $h = 3$ м, а відстань від проекції центра циліндра до освітлюючої точки b дорівнює 4 м (рис. 5.1).

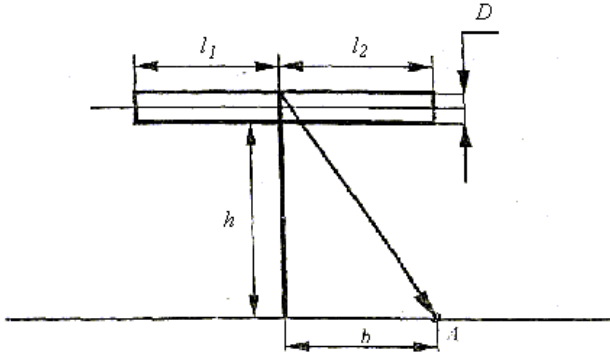


Рис. 5.1. Розрахунок освітленості в точці A від лінійчатого випромінювача.

Розв'язок.

Освітленість в точці A , яка утворюється боковою поверхнею циліндра.

$$E_A = \frac{I}{h^2 + b^2} \cos \alpha$$

Виразимо силу світла у напрямку a через яскравість бокової поверхні циліндра:

$$I = LA = L \cdot D \cdot l \cdot \cos \alpha = L \cdot 0,015 \cdot 0,05 \cdot \frac{3}{\sqrt{9+16}} = L \cdot 4,5 \cdot$$

10^{-4} кд

де $A = D \cdot l \cdot \cos \alpha$ – площа проекції циліндра на площу перпендикулярну α

$$\cos \alpha = \frac{h}{\sqrt{h^2 + b^2}} = \frac{3}{\sqrt{9+16}} = 0,6$$

$$\text{Тоді } E = \frac{L \cdot 4,5 \cdot 10^{-4} \cos \alpha}{h^2 + b^2};$$

Звідси:

$$L = \frac{E_A (h^2 + b^2)}{4,5 \cdot 10^{-4} \cos \alpha} = \frac{5 \cdot 10^4 (9 + 16)}{4,5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,6} = 46,3 \cdot 10^8 \text{ кд} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{ср}^{-1}$$

Завдання до самостійної роботи

Завдання 1. Визначити світимість рівнояскравого квадрата площею A , який випромінює у перпендикулярному напрямку силу світла I_a . Дані для розрахунку приведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1. Площа квадрата та сила світла

| | | | | | | | | | | |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| Варіант | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| $A, \text{см}^2$ | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 10 |
| $I_a, \text{кд}$ | 10 | 15 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |

Продовження табл. 5.1.

| | | | | | | | | | | |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Варіант | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| $A, \text{см}^2$ | 11 | 12 | 13 | 12 | 13 | 11 | 10 | 0,9 | 0,8 | 0,7 |
| $I_a, \text{кд}$ | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 | 190 |

Продовження табл. 5.1.

| | | | | | | | | | | |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Варіант | 21 | 22 | 23 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 30 |
| $A, \text{см}^2$ | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 |
| $I_a, \text{кд}$ | 200 | 210 | 220 | 230 | 240 | 250 | 260 | 270 | 280 | 290 |

Завдання 2. Визначити яскравість рівнояскравого квадрата з розмірами a ; b . Квадрат утворює в точці A

освітленість E . Висота установки , відстань від центра проекції до точки $A - B$. Дані приведені в табл.5.2г'

Таблиця 5.2. Розміри квадрата та освітленість

| | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|-----|-----|
| Варіант | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| $a, м$ | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 4 | 3 | 2 |
| $b, м$ | 2 | 3 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 10 | 9 |
| $E, лк$ | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 |
| $h, м$ | 0,5 | 1 | 0,5 | 1 | 0,5 | 1 | 0,5 | 1 | 0,5 | 1 | 0,5 |
| $B, м$ | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

Продовження табл. 5.2.

| | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|
| Варіант | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| $a, м$ | 1 | 4 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 2 | 1 | 3 |
| $b, м$ | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 4 | 3 |
| $E, лк$ | 130 | 140 | 150 | 160 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 |
| $h, м$ | 8 | 0,5 | 1 | 0,5 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| $B, м$ | 2 | 8 | 7 | 6 | 2 | 5 | 7 | 2 | 5 | 7 |

Продовження табл. 5.2.

| | | | | | | | | | |
|---------|----|-----|----|----|----|----|----|----|-----|
| Варіант | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| $a, м$ | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| $b, м$ | 2 | 1 | 4 | 3 | 2 | 1 | 4 | 3 | 2 |
| $E, лк$ | 90 | 100 | 90 | 80 | 70 | 60 | 50 | 40 | 30 |
| $h, м$ | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| $B, м$ | 2 | 5 | 7 | 2 | 5 | 3 | 2 | 1 | 0,5 |

Контрольні запитання

1. Які величини в системі світлових величин і одиниць характеризують густину розподілення світлового потоку на поверхні випромінювача?
2. Які величини дають просторову характеристику розподілення густини світлового потоку?
3. Які одиниці світіння і яскравості?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Жилинский Ю.М., Кумин В.Д. Электрическое освещение и облучение. – М.: Колос, 1982.-272с.
2. Справочная книга по светотехнике. Под ред. Ю.Б. Айзенберга. – М.: Энергоатомиздат, 1983.-472с.
3. Мешков В.В. Основы светотехники.- М.: Энергия, 1979.- 368с.
4. Лямцов А.К., Тищенко Г.А. Электроосветительные и облучательные устройства. – М.: Колос, – 1983. -224с.
5. Степанцов В.П. Светотехническое оборудование в сельском хозяйстве: Справочное пособие. – Минск: Урожай, 1987.-216с.
6. Электрические установки инфракрасного излучения в животноводстве Д.Н. Быстрицкий и др. – М.: Энергоиздат, 1981.-152с.
7. Кожевникова Н.Ф. и др. Применение оптического излучения в животноводстве. – М.: Россельхозиздат, 1987.- 88с.

В С Т У П

Дані методичні вказівки для проведення практичних занять призначені для вироблення, навиків і вмінь проведення світлотехнічних розрахунків освітлювально-опромінювальних установок улітарного і технічного призначення в сільськогосподарському виробництві.

Матеріал практичних занять складається з трьох основних частин: загальної теоретичної, безпосередніх методик розрахунку і прикладів розрахунку.

Приведені нижче методики можуть бути використані при виконанні курсових і дипломних проектів, а також, як посібник для розрахунку світлотехнічних розділів реальних проектів.

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ СВІЛОТЕХНІЧНИХ РОЗРАХУНКІВ.

Завданнями світлотехнічних розрахунків освітлювально-опромінювальних установок в є:

- визначення встановленої потужності джерел оптичного випромінювання (ОВ) і пускорегулюючої апаратури (ПРА) по заданій освітленості (прямий розрахунок);
- визначення по заданому розміщенню світильників (С) і опромінювачів (О) і відомої потужності джерел ОВ освітленості і опроміненості в розрахунковій точці або на розрахунковій поверхні (перевірочний розрахунок).

Під розрахунковою площиною розуміють площину на якій визначається освітленість і опроміненість. Вибрана точка, яка знаходиться на розрахунковій площині називається розрахунковою точкою і контрольною точкою.

Освітленість в контрольній точці на площині можна уявити у вигляді двох складових:

$$E_p = E_{p.np.} + E_{p.o.} \quad (1.1)$$

де E_p - сумарна розрахункова освітленість контрольної точки площини, лк;

$E_{p.np.}$ - пряма складова розрахункової освітленості, лк;

$E_{n.o.}$ - розрахункова освітленість, яка утворюється потоками випромінювання, які відбиваються від стін, стелі, підлоги і обладнання, лк.

В ряді випадків при використанні на практиці розподілу складової відбиття освітленості $E_{p.o.}$ по розрахунковій поверхні може бути прийнята рівномірним і враховано постійними коефіцієнтами. Розподіл прямої складової $E_{p.np.}$, як правило нерівномірною. Це визначається світлорозподіленням світильників, місцем їх розміщення в приміщенні в світлотехнічній установці (СТУ).

Іноколи можлива ситуація, коли можливо обидві складові розрахункової освітленості рахувати рівномірними або рівномірно розподіленими. В цьому випадку вводять поняття середньої освітленості, яка визначається по спрощеному методу. Цей метод називається методом коефіцієнта використання світлового потоку.

Розрахунок освітленості від кожного С в розрахунковій точці чи на площині називається точковим методом.

Під коефіцієнтом використання світлового потоку (КВСП) прийнято розуміти відношення розрахунковою світлового потоку до встановленого на розрахунковій поверхні, до сумарного світлового потоку джерел світла (ДС):

$$\eta_{cn} = \frac{\Phi_p}{h\Phi_n}, \quad (1.2)$$

де η_{cn} - коефіцієнт використання світлового потоку;

Φ_n - світловий потік одного джерела світла (лампи);

h - число джерел світла (ламп).

Фізичний зміст КВСП заключається в визначенні ефективності використання світлового потоку СТУ. Величина КВСП залежить від ряду факторів світлорозподілу ДС і світильників; розміщення в приміщенні; ККД світильників; співвідношення розмірів приміщення (довжини, ширини і висоти); відбиваючих властивостей покриття стель, стін, підлоги, обладнання; надійності роботи освітлювальних приладів (ОП); забруднення елементів СТУ; старіння ДС і т.д.

По величині КВСП СТУ середня освітленість на розрахунковій площині може бути виражена таким чином:

$$E_{cp.} = \frac{\Phi_p}{AK_3} = \frac{n\Phi_n\eta_{cn}}{AK_3} \quad (1.3)$$

де E_{cp} – середня освітленість на розрахунковій площині;

K_3 – коефіцієнт запасу СТУ;

A – площа площини, що освітлюється, м²

Коефіцієнт запасу СТУ також залежить від цілого ряду факторів і в загальному випадку враховує спад потоку випромінювання ДС в процесах їх експлуатації (забруднення ОП, старіння, відмови елементів, якість електроживлення і т.д.).

Якщо рівень освітленості на розрахунковій площині відомий (данні по нормативних документах чи по зооветеринарним вимогам) то видозміни рівняння (3) можна розв'язати зворотньою задачею, визначити необхідний світловий потік джерел світла і підібрати потрібну лампу по існуючій номенклатурі джерел.

$$\dot{O}_{\varepsilon} = \frac{\dot{A}_{\text{нд}} \dot{A} \hat{E}_{\varepsilon}}{\eta_{\text{нн}}} \quad (1.4)$$

де $E_{cp} = E_n$ – нормована чи задана освітленість.

При нерівномірному розподілі освітленості від прямої складової потоку випромінювання ламп чи ОП розрахунок проводять окремо для кожної складової рівняння (I). Звичайно відбита складова освітленості і т.д.

Вираз для визначення складової відбиття освітленості в загальному вигляді може бути показано слідуочим чином:

$$\dot{A}_{\text{д.і.}} = \frac{\dot{O}_{\varepsilon} \eta_{\text{нн}}}{\dot{A} \hat{E}_{\varepsilon}} \quad (1.5)$$

де $\eta_{\text{нн}}$ – коефіцієнт використання відбитого потоку випромінюванням ОП.

Величина $\eta_{\text{нн}}$ - визначається, як відношення світлового потоку, який досягає відбивань до сумарного потоку всіх ламп СТУ:

$$\eta_{\text{сно}} = \frac{\Phi_{\text{р.о.}}}{n \Phi_{\text{л}}} \quad (1.6)$$

Сумарна _світленість елемента поверхні в будь-якій точці розрахункової площини визначається виразом:

$$\dot{A}_{\text{д}} = \dot{A}_{\text{д.і.}} + \frac{\dot{O}_{\varepsilon} \eta_{\text{нн}}}{\dot{A} \hat{E}_{\varepsilon}} \quad (1.7)$$

2. КЛАСИФІКАЦІЯ ВИПРОМІНЮВАЧІВ І ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ

Джерела ОВ, які застосовуються на практиці, в залежності від їх геометричних розмірів і від джерела до освітлювальної поверхні розділюють на три основні групи: точкові, лінійні і випромінювальні поверхні кінцевих розмірів.

Точковими випромінювачами називаються випромінювачі, власні розміри яких в 5 і більше разів менш відстані до освітлювальної поверхні чи розрахункової точки поверхні.

На рис.1.1 зображен точковий випромінювач, розміщення якого в просторі визначається висотою підвісу освітлювального приладу (h_p) і кутами (α , φ), в якій визначають напрямом сили світла ($I_{\alpha, \varphi}$) в розрахункову точку А, яка знаходиться в площині Q. Якщо ОП має семеричний світлорозподіл (світлорозподіл ОП може бути показано одною КСС в будь-якій

поздовжній площині), то для розрахунків достатньо двох параметрів (h_p) і (α), де (α) - кут між напрямками сили світла в розрахункову точку і віссю симетрії ОП.

Якщо ОП не може рахуватися симетричним то його розподілення характеризується кривими рівної освітленості на розрахунковій площині. В цьому випадку положення світильника відносно розрахункової точки A визначається координатами (h_p) і (α), де (α) - відстань від проекції осі світильника O "O" на освітлювальну поверхню до розрахункової точки A , як це показано на рис.2. Такий випромінювач називається лінійним. Як правило лінійними випромінювачами в світильники з люмінесцентними лампами на низькій висоті підвісу.

Світлорозділ лінійних ОП характеризується КСС в поздовжній і поперечній площинах, віднесених до довжини ліній світла (світлової лінії). Розміщення світлової лінії відносно точки розрахунку визначається висотою підвісу (h_p) і двома кутами: α - кут поперечної площини, яка перпендикулярна осі лампи і проходить через точку розрахунку (A) і кута γ , під яким видно світлову лінію з точки (A) в поздовжній площині.

Якщо довжина лінійною джерела (L) в чотири і більше рядів більша, чим відстань (h) від нього до освітлювальної поверхні, то таке джерело прийняти рахувати як необмежено довж.

Координати, які визначають розміщення світлового випромінювача відносно розрахункової точки в площині

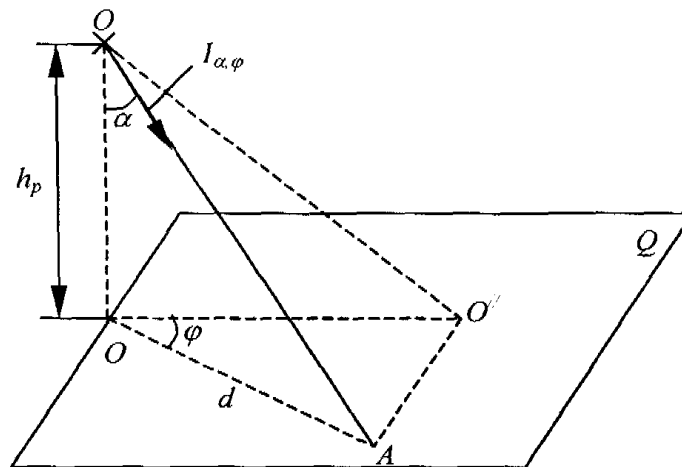


Рис.2.1

Координати, які визначаються розміщенням лінійного випромінювача відносно розрахункової точки в площині

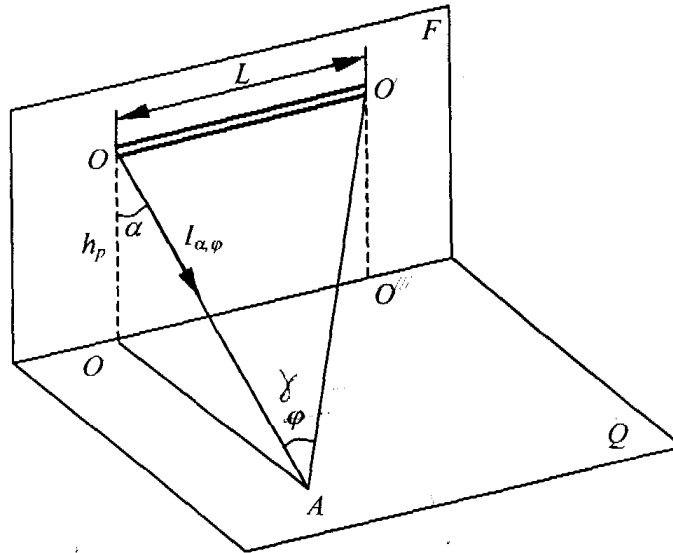


Рис.2.2

Густина потоку лінійних джерел, які утворюють світлову лінію, виражається відношенням сумарного потоку ламп лінії $\Phi = n\Phi_n$ до довжини цієї лінії (L). Коли лінійні джерела в світловій лінії з'єднані без розривів, то (рис.2).

$$\hat{O}_{\bar{n}\bar{e}} = \frac{i\hat{O}_{\bar{e}}}{L} \quad (1.8)$$

де $\Phi_{сл}$ – світловий потік лінії.

Якщо світлові елементи в лінії встановлені так, що між ними існують розриви, розміром λ , тоді світловий потік такої лінії визначається по формулі.

$$\hat{O}_{\bar{n}\bar{e}} = \frac{i\hat{O}_{\bar{e}}}{L + \lambda} \quad (1.9)$$

В цьому випадку можливі два варіанта. Перший, коли $\lambda < 0,5h$. Така світлова лінія може рахуватися, як лінія без розривів і для розрахунку її світлового потоку використовується вираз (9), в якому $n\Phi_n$ – світловий потік в суцільному елементі довжиною (L) (рис.3). При $\lambda > 0,5h$ світлова лінія рахується як лінія з розривами і світловий потік в цьому випадку необхідно визначити окремо від кожної лінійної ділянки (рис.4).

Випромінювачі кінцевих розмірів можуть бути виконані у вигляді світлової площини, дисків, прямокутників і т. д.

В загальному випадку до групи випромінювачів кінцевих розмірів прийнято відносити всі випромінювачі, в яких відносні розміри по всіх напрямках більше розмірів точкового випромінювача.

Основними характеристиками, за допомогою яких можна вибрати необхідний освітлювальний прилад, є світлорозподіл і типова крива сили світла (КСС).

На рис.5 показані основні типи кривих сил світла стандартних світильників в відносних одиницях.

На рис.6 дані криві сил світла світильників в канделях для світлового потоку світильника.

В табл.1 дана класифікація світильників по світлорозподілу, а в табл.2 – по типу КСС.

На рис.7 зображена схема побудови умовного позначення освітлювального приладу.

Світлова лінія без розривів

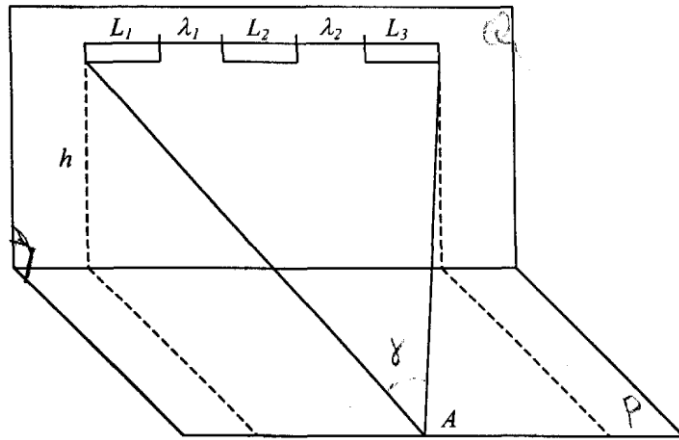


Рис. 2.3

Світлова лінія з розривами

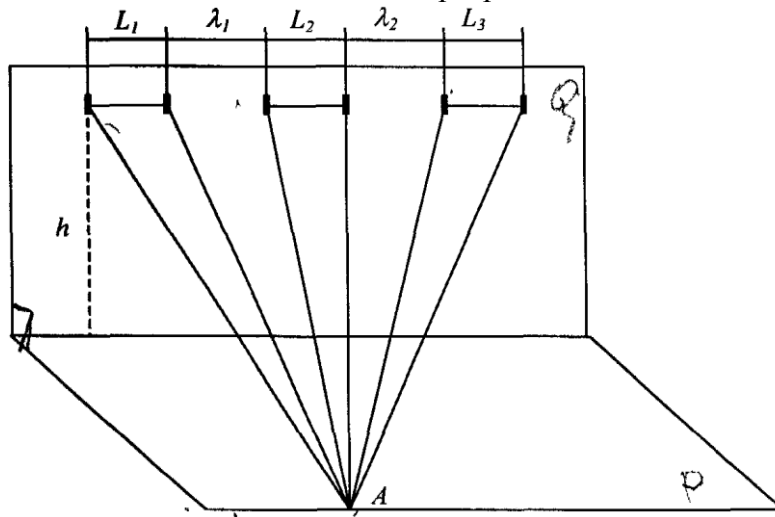


Рис. 2.4

Типи кривих сил світла (в відносних одиницях)

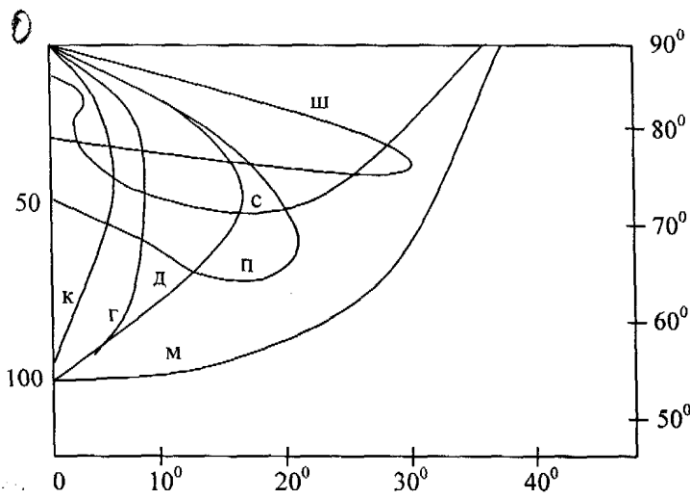


Рис.2.5

Типи кривих сил світла (в канделах для світлового потоку світильника $\Phi_g=1000\text{лм}$).

Рис. 2.6

Таблиця 1.1
Класи світильників по світлорозподілу

| Позначення | Назва | Доля світлового потоку, який направляється в нижню півсферу, від всього світлового потоку, % |
|------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| П(І) | Прямого світла | Св. 80 |
| Н(ІІ) | Переважно прямого світла | “60 до 80 включ.” |
| Р(ІІІ) | Розсіяного світла | “40”60” |
| В(ІV) | Переважно відбитого світла | “20”40” |
| О(V) | Відбитого світла | “20” |

Примітка: В лапках вказано позначення по СТ СЭВ 3182-81

Таблиця 2.2
Тип кривих сил світла

| Позначення | Назва | Зона напрямку максимальної сили світла | Коефіцієнт форми кривої сили світла |
|------------|----------------|----------------------------------------|----------------------------------------------|
| К(а) | Концентрування | 0°- 15° | $K_f \geq 3$ |
| Г(в) | Глибока | 0°-30° ; 180°-150° | $2 \leq K_f < 3$ |
| Д(с) | Косинусна | 0°-35° ; 180°-145° | $1,3 \leq K_f < 2$ |
| Л(д) | Півширока | 35°-55°; 145°-125° | $1,3 \leq K_f$ |
| Ш(е) | Широка | 55°-85; 125°-95° | $1,3 \leq K_f$ |
| М(ф) | Рівномірна | 0°-180° | $K_f \leq 1,3$ при $I_{\min} > 0,7 I_{\max}$ |
| С(q) | Синусна | 70°-90°; 110°-90° | $1,3 < K_f$ при $I_0 < 0,7 I_{\max}$ |

Схема побудови умовного позначення світильника.

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|------|---|---|---|---|---|--------|---|------|
| 1 | 2 | 3 | 4а,б | - | 5 | 6 | 7 | - | 8а,б,в | - | 9а,б |
|---|---|---|------|---|---|---|---|---|--------|---|------|

Рис. 2.7

І – буква, яка означає джерело світла (лампу);

Н – Розжарення загального призначення; С – лампи-світильники (зеркальні і дифузні); И – кварцеві галогенні (розжарення); Л – прямі трубчасті люмінесцентні; Р – ртутні типу ДРЛ; Г – ртутні типу ДРИ, ДРИШ; Ж – натрієві типу ДНаТ; Б – бактерицидні; К – ксенові трубчаті.

2 – буква, що означає спосіб встановлення світильника:

С – підвісні; П – стельові; В – вбудовані; Д – прибудовані; Б – настінні; Н – настільні, опорні; Т – підложні, вінчаючі; К – консольні, торцеві; Р – ручні; Г – головні.

3 – буква, що означає основне призначення світильника:

П – для промислових і виробничих будівель; О – для громадянських будівель; Б – для житлових (побутових) приміщень; У – для зовнішнього освітлення; Р – для рудників і шахт; Т – кінематографічних і телевізійних студій.

4 – а,б – двозначне число (01-99), яке означає номер серії.

5 – цифра (цифри), які означають кількість ламп в світильнику.

7 – цифри, що означають потужність ламп в Вт;

8 – а,б,в – трьохзначна цифра (001 – 99), що означає номер модифікації.

9 – а,б – буква і цифра, що означають кліматичне виконання і категорію розміщення світильників.

Примітка: K_f – коефіцієнт форми сили світла;

I_0 - значення сили світла в напрямку оптичної осі світильника (0°);

I_{min}, I_{max} – мінімальне і максимальне значення сили світла.

Розглянуті нормативні світлотехнічні параметри освітлювальних приладів і опромінювачів приводяться в паспорті приладу, в технічних умовах чи визначаються по довідниках і використовуються при обґрунтуванні вибору ОП.

3. РОЗРАХУНОК ПРЯМОЇ СКЛАДОВОЇ ОСВІТЛЕННОСТІ ВІД ТОЧКОВОГО ВИПРОМІНЮВАЧА.

Для розрахунку освітленості контрольної точки A , вибраної на поверхні об'єкту чи площині можуть бути використанні слідуєчі формули які одержанні для різних співвідношень випромінювача об'єкту.

3.1. Точковий випромінювач O освітлює точку A , яка лежить в горизонтальній площині.

На рис.8 показаний точковий випромінювач O , вісь симетрії якого розміщена вертикально, а площина Q на якій знаходиться контрольна точка A , перпендикулярна осі симетрії OO і являється горизонтальною площиною.

В даному випадку освітленість визначається по формулі:

$$E_r = \frac{I_\alpha}{hp^2} \cos^3 \alpha \quad (3.1)$$

де E_r – горизонтальна освітленість, лк;

h_p – висота підвісу світильника над горизонтальною площиною Q , м

I_α - сила світла світильника по напрямку до точки A , кд.

α - кут між вектором напрямку сили світла I_α до розрахункової точки і віссю симетрії OO світильника.

В випадку, коли точка A знаходиться безпосередньо під світильником ($AO=\alpha=0$), то вираз (8) спрощується:

$$E_r = \frac{I_0}{hp^2} \quad (3.2)$$

де I_0 – осьова сила світла світильника, кд.

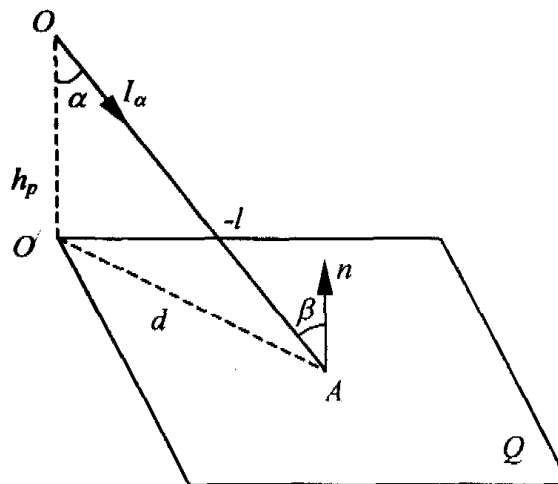


Рис. 3.1

n – нормаль в точці A ;

d – відстань від точки проєкції світильника O до точки A , м;

l – реальна відстань від світильника O до точки A , м;

h_p – розрахункова висота підвісу світильника над горизонтальною площиною;
 I_α - сила світла світильника по напрямку до точки A , м;
 α - кут між напрямком сили світла до розрахункової точки і віссю симетрії світильника;
 β - кут між напрямком сили світла в точку A і нормаллю до точки A .

3.2. Точковий випромінювач O освітлює точку A , яка лежить в вертикальній площині P .

Для випадку, коли розрахункова точка A лежить в вертикальній площині, основний розрахунковий вираз приймає вигляд (рис. 3.2).

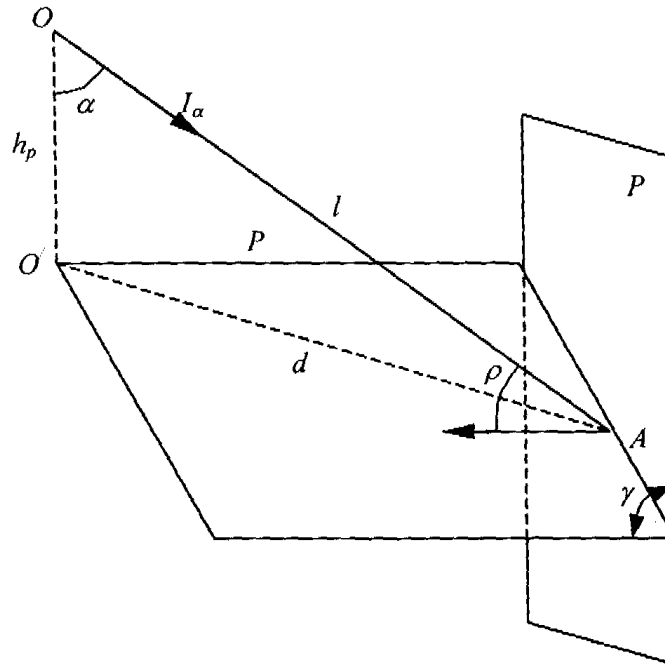


Рис.3.2

До розрахунку горизонтальної освітленості точки A , при асиметричному точковому світильнику O .

До розрахунку освітленості точки A , яка лежить в вертикальній площині P ($\gamma = \frac{\pi}{2}$ - кут між горизонтальною Q і вертикальною P площинами).

$$E_a = \frac{I_\alpha \cos^3 \alpha}{h_p^2} \times \frac{P}{h_p} = E_r \times \frac{P}{h_p} \quad (3.3)$$

де E_r – освітленість точки, яка лежить в вертикальній площині;

P – відстань від точки проєкції осі симетрії світильника на горизонтальну площину, яка проходить через точку A до сліду перетину площин Q і P .

З рівняння (3.3) видно, що аналітичний зв'язок між горизонтальною E_r і вертикальною E_a освітленостями для точки A .

3.3. Точковий випромінювач O освітлює точку A , яка лежить на похилій площині Q .

Для випадку, коли розрахункова точка A лежить в площині, похилій по відношенні до випромінювача O , може бути використаний наступний вираз (рис. 3.3).

$$E_A = \frac{I_\alpha \cos^3 \alpha}{h_p^2} (\cos \Theta \pm \frac{P}{h_p} \times \sin \Theta) \quad (3.4)$$

де Θ - кут нахилу розрахункової площини P по відношенні до площини Q , перпендикулярній вісі симетрії світильника (горизонтальна площина).

Знак “мінус” в виразі (13) застосовується тоді, коли виконується умова:

$$\Theta > \frac{\pi}{2} + \alpha \quad (3.5)$$

Якщо умова (14) не виконується, то рівняння (13) використовує знак “плюс”. Освітленість точки на похилій площині може бути виражена через горизонтальну освітленість:

$$E_{A,l} = E_r \left(\cos \Theta \pm \frac{p}{h_p} \sin \Theta \right) \quad (3.6)$$

До розрахунку освітленості точки A , яка лежить в похилій площині Q від точкового випромінювача O з симетричним світлорозподілом.

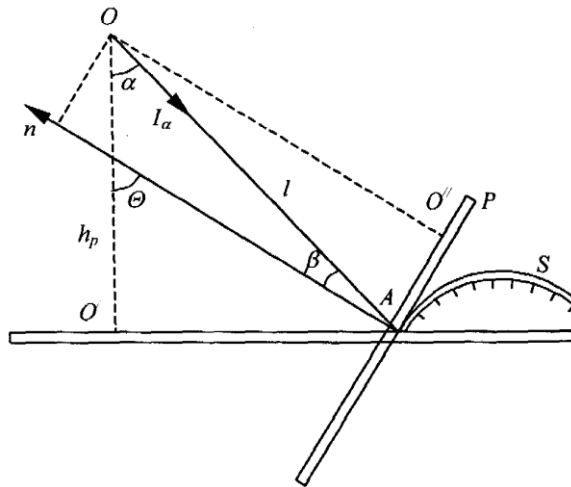


Рис.3.3

де $E_{A,H}$ – освітленість контрольної точки A на похилій площині, лк;

Якщо вісь симетрії світильника паралельна розрахунковій площині, то $\Theta = \pi/2$ і в результаті:

$$E_a = E_r \frac{p}{h_p} \quad (3.7)$$

де E_a – освітленість поверхні вертикальної площини в точці A (вертикальна освітленість); p – відстань від преції осі симетрії світильника на горизонтальну площину, що проходить через точку A розрахунку, до місця перетину площини P і Q .

Правило, справедливе для любого точкового джерела випромінювання: відношення значень освітленості і двох площин в одній і тій же точці дорівнює відношенню довжин перпендикулярів, які опущені на цій площині з точки розміщення джерел випромінювання.

3.4. Методика розрахунку горизонтальної освітленості від симетричного точкового випромінювача.

I. По будівельному кресленні приміщення визначається (задається) розрахункова висота h_p установки світильників. Задається тип світильника і лампи.

В масштабі будівельного плану виражається відстань d – проекція сили випромінювання на горизонтальну площину (підлогу).

Обчислюється тангенс кута падіння світлового променя в точку A від одного чи декількох світильників:

$$tg \alpha = \frac{\alpha_1}{hp_1} = \dots ; tg \alpha_2 = \frac{\alpha_2}{hp_2} = \dots ; \dots tg \alpha_n = \frac{\alpha_n}{hp_n} = \dots \quad (3.8)$$

По обчисленому тангенсу (тангенсах) визначають кут α_l (кути $\alpha_2 \dots \alpha_n$)

Визначають до якої умовної групи світильників відноситься вибраний світильник (табл.3) і обчислюють умовну силу світла ($I_{\alpha\gamma}$) (табл.4);

$$I_{\alpha\gamma_1} = 3.4k\gamma; \quad I_{\alpha\gamma_2} = k\gamma; \dots I_{\alpha\gamma_n} = k\gamma, \text{ кд} \quad (3.9)$$

6. Обчислюється реальний світловий потік кожного світильника чи кожної лампи. Для цього використовують паспорт світильника (ламп) чи справочник (1;2)

$$\Phi_{л1} = \dots \text{ лм}; \quad \Phi_{л2} = \dots \text{ лм}; \dots \Phi_{лn} = \dots \text{ лм}. \quad (3.10)$$

7. Обчислюють реальну силу світла прийнятого світильника (світильників) в напрямку α ;

$$I_{\alpha 1} = I_{\alpha\gamma} \times \frac{\hat{O}_n}{1000}, \text{ кд} \quad (3.11)$$

де $I_{\alpha\gamma}$ – умовна сила світла даного світильника з вибраною лампою в напрямку α (П.5), кд.

Відповідно визначаємо $I_{\alpha 2} \dots I_{\alpha n}$.

Використовуючи вираз (10) обчислюють горизонтальну освітленість точки A від одного чи декількох випромінювачів.

Якщо випромінювачів чи світильників декілька, краще результати проміжкових і кінцевих розрахунків зводити в таблицю 5.

Таблиця 3.3
Умовні номери груп світильників

| Характеристика світильника | Типи світильників, що відносяться до даної групи | Умовний номер групи |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 1. Підвісні, дифузійні для виробничих приміщень (корівники, телятники, свинарники, пташники і т.д.) | 1. Світильники с люмінісцентними лампами | |
| а) без перфорації і решітки | ПВЛМ-Д; ЛД, ЛСП06 (05) ЛСП02 (04;05;06;34-36) | 1 |
| б) з перфорацією і без решітки | ПВЛМ-ДО ЛДО; ЛСП 06 (19) ЛСП 02 (01;02;03;31-33) | 2 |
| в) без зперфорацією і решіткою | ПВЛМ ДР; ЛДР; ЛСП 06 (07) ЛСП02 (10,11,12,16-18,40-42,46-48) | 3 |
| г) з перфорацією і решіткою | ПВЛМ ДОР; ЛДОР, ЛСП06 (15) ЛСН02 (07,08,09,13-15,37-39,43-45) | 4 |
| 2. Підвісні пилеводозахищені а/з розсіючим склом | ПВЛІ ; ПВЛП | 5 |

3.5. Методика розрахунку вертикальної освітленості точки від симетричного випромінювача.

1. Повторюються п.м. 1...8 попередньої методики і визначаються горизонтальна освітленість точки $A E_2$.

2. Визначається відстань P (рис.3.2)

Визначається вертикальна освітленість:

$$E_e = E_r \times \frac{P}{h_p} \quad (3.2)$$

Якщо світильників декілька, то розрахунок проводиться від кожного світильника окремо і тоді результат сумується.

Таблиця 3.4

Світлотехнічні характеристики світильників для сільськогосподарських приміщень (віднесені до потоку ламп 100лм)

| α , град | Сила світла, кд ; світильника | | | | | | | | | | | |
|--------------------|-------------------------------|-------------|---------------------------|-------------|----------------------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|------------------|-------------|
| | ПВЛМ з 2 лампами ЛБР | | ПВЛМ з 1 лампою ЛБР | | ЛСП15 з2 лампами ЛБР | | РСП 07 | | РСП 26 | | ЛСП 5 й групи | |
| | Повзд ов. | Попе рч. | Повзд ов. | Попе рч. | Повзд ов. | Попе рч. | Повзд ов. | Попе рч. | Повзд ов. | Попе рч. | Повзд ов. | Попе рч. |
| 0 | 175 | 175 | 174 | 174 | 175 | 175 | 147 | 147 | 147 | 147 | 138 | 138 |
| 5 | 175 | 175 | 174 | 174 | 175 | 175 | 147 | 147 | 147 | 147 | 137 | 137 |
| 15 | 165 | 170 | 167 | 172 | 165 | 170 | 140 | 140 | 140 | 140 | 130 | 139 |
| 25 | 148 | 170 | 155 | 169 | 148 | 170 | 152 | 152 | 152 | 152 | 119 | 130 |
| 35 | 130 | 168 | 134 | 160 | 130 | 168 | 188 | 188 | 188 | 188 | 107 | 126 |
| 45 | 110 | 160 | 106 | 152 | 110 | 160 | 201 | 201 | 301 | 201 | 91 | 118 |
| 55 | 70 | 145 | 80 | 140 | 70 | 145 | 162 | 162 | 162 | 162 | 74 | 108 |
| 65 | 60 | 135 | 54 | 128 | 60 | 135 | 85 | 85 | 85 | 85 | 50 | 93 |
| 75 | 30 | 120 | 30 | 114 | 30 | 120 | 5 | 5 | 5 | 5 | 26 | 76 |
| 85 | 20 | 80 | 10 | 103 | 20 | 80 | 5 | 5 | 5 | 5 | 11 | 62 |
| 90 | 0 | 70 | - | 96 | 0 | 70 | 6 | 5 | 5 | 5 | 7 | 56 |
| 95 | 5 | 70 | - | 90 | 5 | 70 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 41 |
| 105 | 10 | 85 | - | 84 | 10 | 85 | 20 | 20 | 20 | 20 | 6 | 33 |
| 115 | 15 | 100 | - | 76 | 15 | 100 | 30 | 30 | 30 | 30 | - | 23 |
| 125 | 17 | 78 | - | 63 | 17 | 78 | 38 | 28 | 38 | 38 | - | 18 |
| 135 | 20 | 65 | - | 47 | 20 | 65 | 42 | 42 | 42 | 42 | - | 9 |
| 145 | 30 | 52 | - | 33 | 30 | 52 | 34 | 34 | 34 | 34 | - | 4 |
| 155 | 35 | 52 | - | 12 | 35 | 52 | 16 | 18 | 18 | 18 | - | - |
| 175 | 40 | 55 | - | - | 40 | 55 | 7 | 7 | 7 | 7 | - | - |
| 180 | 42 | 58 | - | - | 42 | 58 | 2 | 2 | 2 | 2 | - | - |
| 180 | 42 | 42 | - | - | 42 | 42 | - | - | - | - | - | - |
| КПД % | 85 | | 65 | | 85 | | 60 | | 80 | | 65 | |

ЛС - люмінісцентні світильники

3.6. Методика розрахунку освітленості точки, яка лежить на похилій площині від симетричного точкового випромінювача.

1. Повторюється п.п. 1...8 методики (3.4) і визначають горизонтальну освітленість т. А (рис.10).
2. Задаються або враховується з геометричних побудов на плані (переріз приміщення) кут θ .
3. По виразу (13) виражають т. А на похилій площині.

Таблиця 5 Результати проміжкових і кінцевих розрахунків горизонтальної освітленості від світильників

| Номер світильника на плані | Розрахункова висота підвісу, $h_p, м$ | Значення параметра $d, м$ | Значення кута $\alpha, град$ | Значення $\cos^3 \alpha$ | Умовна сила світла світильника I_{α} | Світловий потік лампи $\Phi_l, лм$ | Реальна сила світла $I_{\alpha}, кд$ | Освітленість точки А $E, лк$ |
|----------------------------|---------------------------------------|---------------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|
| 1 | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | |
| · | | | | | | | | |
| · | | | | | | | | |
| · | | | | | | | | |
| · | | | | | | | | |
| n | | | | | | | | |

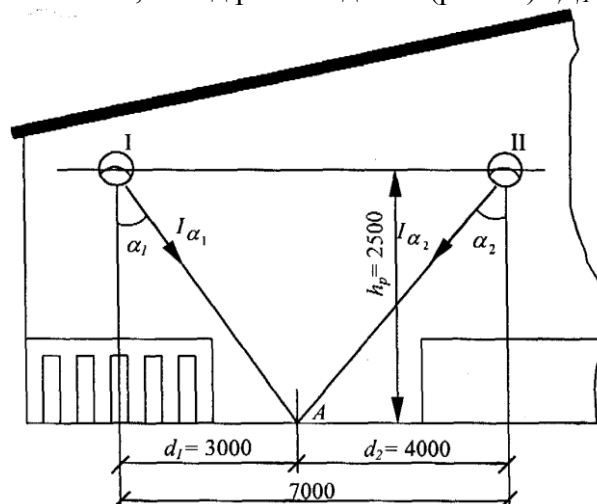
Сумарна освітленість точки $A = E_A =$

В всіх випадках освітленість визначається при заданих параметрах світильників і додаткова освітленість, що утворюється відбитими потоками не враховувались.

3.7. Приклад розрахунку.

Приклад 1

Визначити горизонтальну освітленість в точці А, яка лежить на проході між рядами кліток з телятами, якщо для освітлення застосовуються світильники типу РСП-26 з лампами ДРЛ-125, підвішаними на висоті 2,5м від рівня підлоги (рис.11) $D_1 = 3м$; $D_2 = 4м$



Виконання.

1. Висота установки світильника задана: $h_p = 2,5 м$
Тип світильника РСП-26, тип і потужність лампи ДРЛ-125 також задані.
2. По плану (рис.3.4) значеннями d соответствують:
 $d_1 = 30 м$; $d_2 = 40 м$.

3. Визначаємо тангенс кутів падіння світлового променя в точку A :

$$tg\alpha = \frac{\alpha_1}{h_p} = \frac{3,0}{2,5} = 1,2; tg\alpha_2 = \frac{d_2}{h_p} = \frac{4,0}{2,5} = 1,6 \quad (3.13)$$

До розрахунку _світленість точки A на горизонтальній площині (приклад 1)

4. Визначаємо значення кутів : $\alpha_1 \approx 50^\circ$; $\alpha_2 = 58^\circ$.

5. По _світ.4 виражаємо значення умовних сил світла; інтерполіруючи між значеннями 45° і 55° ; 55° і 65° .

$$I_{50y} = 182 \text{ кд} ; I_{58y} = 127 \text{ кд} .$$

6. По довіднику (2) виражаємо світловий потік лампи ДРЛ-125 $\Phi_l = 5,35 \text{ кл}$.

7. Визначаємо рельну силу світла в напрямках кутів:

$$\alpha_1 \approx 50^\circ; \alpha_2 \approx 58^\circ.$$

$$I_{50}^{\circ} = I_{50y} \Phi_l / 1000 = 182 \cdot 5350 / 1000 = 973,7 \text{ кд} ;$$

$$I_{58}^{\circ} = I_{58y} \Phi_l / 1000 = 127 \cdot 5350 / 1000 = 679,45 \text{ кд}.$$

8. Обчислюємо освітленість точки A від кожного світильника:

- від першого :

$$E_I = \frac{I_{50}^{\circ}}{h^2 p} \cos^3 50^\circ = \frac{973,7}{(2,5)^2} \times (0,643)^3 = 41,42 \text{ лк} \quad (3.14)$$

- від другого :

$$E_{II} = \frac{679,45}{(2,5)^2} \times (0,53)^3 = 16,18 \text{ лк} \quad (3.15)$$

9. Освітленість точки A від двох світильників складає :

$$E_r = E_I + E_{II} = 41,42 + 16,18 = 57,6 \text{ лк} \quad (3.16)$$

При необхідності одержані значення порівнюють з нормованими значеннями і роблять висновок про відповідність і не відповідність стану установки до вимог.

Приклад 2 .

Визначити освітленість точки A , яка лежить на вимені молочної корови в площині Q , яка складає кут $Q = 100^\circ$ від трьох світильників типу РСП-25 з лампами типу ДРЛ-125 (світловий потік лампи $\Phi_l = 6000 \text{ лм}$). Основні вихідні розміри вказані на рис. 3.5

Виконання :

1. По кресленні (рис.3.5) задаємось висотою установки світильників.

$$hp_1 = hp_2 = hp_3 = 2,5 \text{ м}$$

2. По кресленні визначаємо віддаль d :

$$d_1 = 1,5 \text{ м} ; d_2 = 3,5 \text{ м} ; d_3 = 5,5 \text{ м}.$$

До розрахунку освітленості точки A на вимені корови (точка A лежить в площині Q приклад 2).

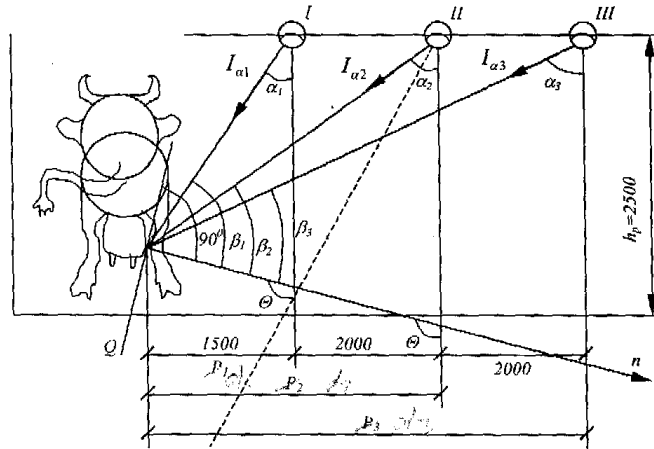


Рис.3.5

3. Визначаємо тангенси кутів падіння α світлового променя то точки A :

$$tg\alpha_1 = \frac{1,5}{2,5} = 0,6; tg\alpha_2 = \frac{3,5}{2,5} = 1,4; tg\alpha_3 = \frac{5,5}{2,5} = 2,2 \quad (3.17)$$

4. Визначаємо значення кутів α :

$$\alpha_1 \approx 31^\circ; \alpha_2 \approx 54^\circ; \alpha_3 = 66^\circ$$

5. По табл. 4 визначаємо значення умовних сил світла.

$$I_{31\gamma} \approx 171 \text{ кд}; I_{54\gamma} = 168 \text{ кд}; I_{66\gamma} = 80 \text{ кд}$$

6. Визначаємо реальну силу світла в напрямку кутів α і значення відстаней P :

$$\left. \begin{aligned} I_{31} &= 171 \frac{6000}{1000} = 1026 \text{ кд}; P_1 = 1,5 \text{ м} \\ I_{54} &= 168 \frac{6000}{1000} = 1008 \text{ кд}; P_2 = 3,5 \text{ м} \\ I_{66} &= 80 \frac{6000}{1000} = 480 \text{ кд}; P_3 = 5,6 \text{ м} \end{aligned} \right\} \quad (3.18)$$

7. Освітленість точки A на похилій площині Q від кожного світильника при умові, що $\Theta = 100^\circ$

$$\Theta > \frac{\pi}{2} + \alpha; 100 > \frac{\pi}{2} \times 31, \quad (3.19)$$

тогда

$$E_1 = \frac{I_{31} \cos^3 31}{(2,5)^2} (\cos 100^\circ + 0,6 \sin 100^\circ) = \frac{1026 \cos^3 31}{(2,5)^2} (\cos 100^\circ + 0,6 \sin 100^\circ) = 43,1 \text{ лк} \quad (3.20)$$

$$E_3 = \frac{I_{66} \cos^3 66}{(2,5)^2} (\cos 100^\circ + 2,2 \sin 100^\circ) = 10,3 \text{ лк}; \quad 100 < \frac{\pi}{2} + 66 \quad (3.21)$$

8. Визначаємо освітленість точки A від всіх світильників:

$$E_n = E_{n1} + E_{n2} + E_{n3} = 43,1 + 39,5 + 10,3 = 92,9 \text{ лк} \quad (3.22)$$

Освітленість точки A складає $E_a = 92,9 \text{ лк}$.

До розрахунку вертикальної освітленості в точці A (приклад 3)

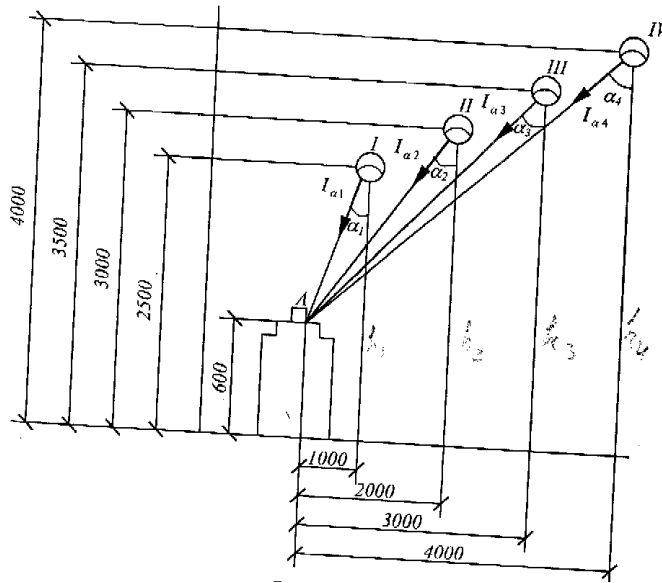


Рис.3.6

Таблиця 3.6.

Зведена таблиця до прикладу 3 “Розрахунок вертикальної освітленості”.

| Номер світильника | Розрахункова висота підвісу h_p , м | Значення параметру d , м | Значення кута α , град $\alpha = \arctan d/h$ | Умовна сила світла I_{α} , кд | Світловий потік лампи Φ_l , лм | Реальна сила світла I_{α} , кд $I_{\alpha} = I_{\alpha 0} \Phi_l / 1000$ | Горизонтальна освітленість E_r , лк $E_r = I_{\alpha} \cos^3 \alpha / h^2 p$ | Вертикальна освітленість E_{β} , лк $E_{\beta} = E_r p / h$ |
|-------------------|---------------------------------------|----------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| № | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| I | 1,9 | 1,0 | 62 | 92 | 12000 | 1104 | 31,5 | 16,6 |
| II | 2,4 | 2,0 | 67 | 30 | 12000 | 360 | 3,7 | 3,08 |
| III | 2,9 | 3,0 | 71 | 5 | 12000 | 60 | 0,2 | 0,3 |
| IV | 3,4 | 4,0 | 74 | 5 | 12000 | 60 | 0,1 | 0,1 |

Вертикальна освітленість точки A від всіх світильників 19098 лк.

Сумарна вертикальна освітленість складає $E_{\beta} \approx 20$ лк.

Розглянутий метод розрахунку освітленості точки на горизонтальній, вертикальній і похилій площинах без врахування відбитих потоків в сільськогосподарському виробництві може бути використаний в наступних випадках:

- для розрахунку освітленості контрольних точок в середині приміщення для СТУ, виконаних на базі світильників з ЛН і ЛВД (майстерні, кормоцеха, доїльні зали і т.д.), де висота підвісу світильника h_p чи відстань L від джерела випромінювання в 5 і більше раз розмірів D освітлювального приладу.
- в випадку, коли для освітлення чи опромінення приймаються лампи низького тиску, якщо їх власні розміри менш, чим відстань до об’єкту в 5 і більш раз.
- для розрахунку СТУ з прожекторами.

4. РОЗРАХУНОК ОСВІТЛЕННОСТІ ВІД ТОЧКОВИХ ВИПРОМІНЮВАЧІВ З НЕСЕМЕТРИЧНИМ СВІТЛОРОЗПОДІЛОМ

4.1. Загальні положення

Джерело O випромінення з несиметричним світлорозподілом може бути встановлене над горизонтальною площиною Q , а вісь OO світильника перпендикулярна площині Q (рис.4.1).

Розміщення розрахункової точки A відносно випромінювача визначається наступними параметрами: h_p - розрахунковою висотою підвісу світильника, m ; α і φ - кути, які виражають положення точки відносно джерела випромінення, в площині Q , причому:

$$\alpha = \arctg \frac{d}{h_p} \quad (4.1)$$

$$\varphi = \arctg \frac{\hat{a}}{\hat{a}} \quad (4.2)$$

Горизонтальна освітленість E_r точки A в даному випадку визначається з виразу

$$I_r = \frac{I_{\alpha\varphi} \times \cos^3 \alpha}{h^2 p} \quad (4.3)$$

де: $I_{\alpha\varphi}$ - сила світла від джерела по напрямку до розрахункової точки A , $кд$;

α - кут між напрямком сили світла в розрахункову точку A і віссю симетрії світильника OO

В розглянутому варіанті користуються сімейством кривих відносно освітленості. В цьому випадку під сімейством кривих розуміють графік відносної освітленості, на якому нанесені криві, кожна з яких відповідає відповідному куту φ . Для побудови такого графіка необхідно мати криві сили світла для декількох меридіальних площин. Але інтерполяція при визначенні проміжкових значень сил світла (освітленості) достатньо складна.

В сільськогосподарських виробничих приміщеннях даний метод розрахунку застосовується для СТУ, які мають світильники з горизонтально розміщеними трубчатими лампами (люмінесцентними, галогенними і т.д.)

За основу побудови ізолюкс прийнято зразок кривих сил світла в різних нахилених повздовжніх площинах, що дозволяє о цих кривих відновлювати всю форму фотометричного тіла. Побудова ізолюкс.

До розрахунку освітленості від точкового несиметричного випромінювача в точці на горизонтальній площині, при несиметричному світлорозподілі достатньо працює, через те слід скористатися відомими залежностями (1.3).

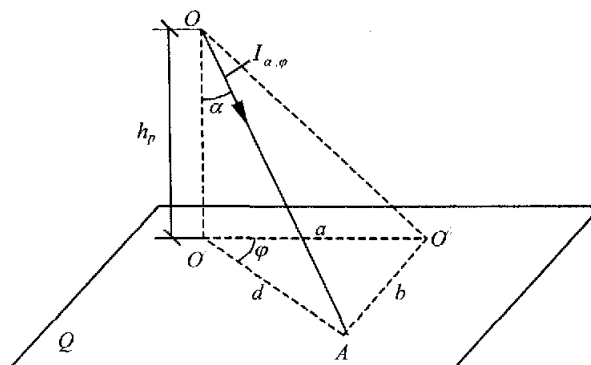


Рис.4.1

4.2.Методика розрахунку освітленості точки від світильників з несиметричним світлорозподілом

Методика розрахунку освітленості точки від світильника з несиметричним світлорозподілом зводиться до наступних операцій:

1. По плану і розрізам приміщення обчислюють кути, що визначають положення світильника відносно точки розрахунку.

$$\varphi = \arctg \frac{\hat{a}}{\hat{a}} \quad (4.4)$$

$$tg\alpha = \frac{d}{hp} \quad (4.5)$$

$$ctg\alpha = \frac{hp}{d} \quad (4.6)$$

2. Використовуючи криві рівних відносних освітленостей, по знайдених значеннях φ і $tg\alpha$ ($ctg\alpha$) визначають:

$$E = I\alpha\rho \cos^3 \alpha \quad (4.7)$$

3. По знайденому значенні розраховується освітленість по формулі

$$E = \frac{E}{hp^2} \times \frac{\hat{O}}{1000} \quad (4.8)$$

5. РОЗРАХУНОК СТУ З ЛІНІЙНИМИ СВІТОВИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ

5.1. Загальні положення

При використанні для цілей освітлення і опромінення протяжних джерел випромінювання, наприклад, розрядних ламп низького тиску, утворюються світлові лінії. Характеристиками світлової лінії являються повздовжні і поперечні криві світла і лінійна густина світлового потоку ламп Φ . КСС світильника визначається по паспортних даних чи по довідниках (1.3). При необхідності КСС може бути обчислена:

$$I\alpha = I_0 \cos^m \alpha \quad (5.1)$$

де $I\alpha$ - сила світла в напрямку кута α , кд;

α - кут, під яким випромінювання направлено в розрахункову точку, град.

При $m=0$ світлорозподіл світильника рівномірне дифузійне (тип М); $m=1$ - косинусне (тип Д) (табл.2.2).

Для світильників з розсіювачами в основному параметр $m \cong 1,25$; для світильників з екрануючими решітками, які утворюють в повздовжній площині захисні кути $15^\circ-30^\circ-45^\circ$, параметр m рівний 1,5-2,0-3,0 відповідно.

Світлові лінії можуть бути двох видів: з розривами і без розривів. Неперервною лінією (лінією без розривів), рахується лінія, якщо:

$$\lambda_{ca} < 0,5hp, \quad (5.2)$$

де λ_{ca} – відстань між світильниками в лінії, м;

hp - висота підвісу світлової лінії над освітлювальною поверхнею, м.

Якщо відстань між світильниками в ряду:

$$\lambda_{ca} > 0,5hp \quad (5.3)$$

то така лінія рахується лінією з розривами і розрахунок таких СТУ можна проводити як від точкових випромінювачів.

Для лінії, яка має велику протяжність, сумарна густина світлового потоку Φ може бути визначена як:

$$\hat{O}' = \frac{\hat{O}}{\lambda + l} \quad (5.4)$$

де Φ - світловий потік ламп в суцільній частині лінії, лм;

l - сумарна довжина світлової частини лінії, м;

λ - сумарна довжина розривів, м.

На рис.13 показана розрахункова точка A , яка освітлюється лінією L , причому розрахункова точка A відповідає торцю світлової лінії.

На рис.14 показаний варіант, коли розрахункова точка A лежить в центрі суцільної світлової лінії;

На рис.15 показаний варіант, коли точка A освітлюється лінією з розривами.

Для спрощення розрахунків сводять поняття сили світла I_{α}' в поперечній площині в напрямку кута α , розрахункову для потоку випромінення лампи (ламп) в 1000 лм:

$$I_{\alpha}' = \frac{I_{\alpha} \times \hat{O}'}{1000} \quad (5.5)$$

Відповідно освітленість точки A (рис.3.5) може бути виражена по формулі:

$$E_A = \frac{\hat{O}'}{1000} \times I_{\alpha} \frac{hp}{2(hp^2 + p^2)} \left(\frac{L\sqrt{hp^2 + p^2}}{L^2 + p^2 + hp^2} + \arctg \frac{L}{\sqrt{hp^2 + p^2}} \right) \quad (5.6)$$

В результаті виявляється, що освітленість точок в площині являється функцією трьох змінних параметрів, а іменно, L , hp і p . Зменшення числа незалежних змінних досягається введенням приведених параметрів.

$$L = \frac{L}{hp}; p' = \frac{p}{hp} \quad (5.7)$$

даний прийом дозволяє спростити вираз (29):

$$E_A = \frac{\hat{O}'}{1000 hp} \times I_{\alpha} f(p', L') \quad (5.8)$$

До розрахунку освітленості точки A суцільної лінії, що світиться.

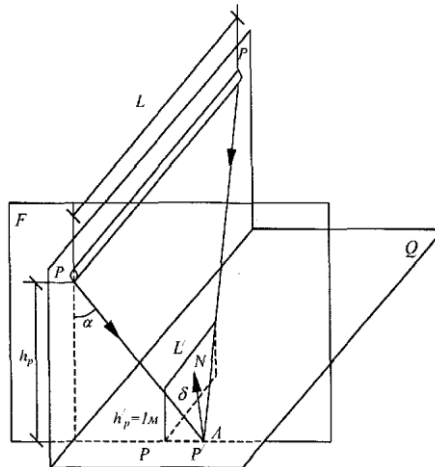


Рис.5.1

До розрахунку освітленості від суцільної лінії.

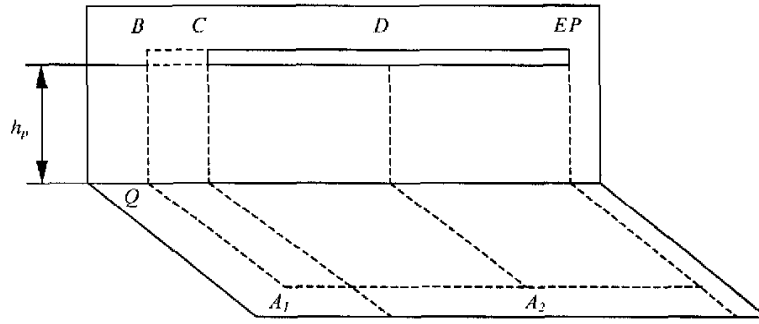


Рис.5.2

До розрахунку освітленості від лінії з розривами.

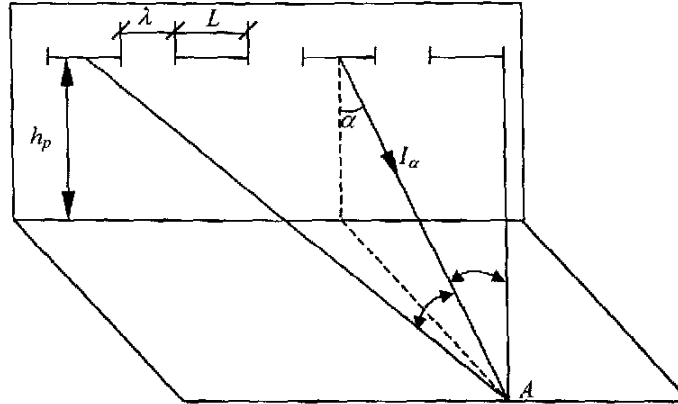


Рис.5.3

Вираз $I_{\alpha} f(p', L)$ являє собою освітленість, яка утворюється умовною лінією, для якої $hp = 1m$ і $\Phi' = 1000 \text{ лм}$. Така освітленість називається **відносною освітленістю**. Е:

$$e = I_{\alpha} \times f(p'L') \quad (5.9)$$

В результаті :

$$E_A = \frac{\hat{O}' \times e}{1000 hp} \quad (5.10)$$

На практиці контрольна точка A , яка лежить в площині Q – може освітитися декількома лампами чи рядами (рис.15), тоді для розрахунків використовують сумарну відносну освітленість.

$$\Sigma e = e_1 + e_2 + \dots + e_n \quad (5.11)$$

де – e_1 і $e_2 \dots e_n$ – відносні освітленості, які створюються кожним світильником чи рядом світильників.

Тоді

$$\hat{O}' = \frac{1000 \times K_{\zeta} \times hp}{\mu \times \Sigma e} \quad (5.12)$$

чи

$$E_A = \frac{\hat{O}' \times \mu \Sigma e}{1000 \times \hat{E}_{\zeta} \times hp} \quad (5.13)$$

де μ - коефіцієнт, який враховує додаткову освітленість, яка утворюється за рахунок відбиття потоків, ($\mu = 1,05 \dots 1,15$).

В табл.7 наведені значення функції $f(p', L')$ для різних типів світильників може бути визначено, як:

$$m = \frac{2\pi \times I_0}{\Phi_0} \quad (5.14)$$

де I_0 - осьова сила світла світильника, кд;

Φ_0 - світловий потік світильника в нижню півсферу.

Залежність $e = f(p', L')$ для світильника з умовною лампою зі світловим потоком в 1000 лм можуть бути подані у вигляді кривих рівних значень відносної освітленості в координатах p' і L' . Такі криві приведені (1,2,3) і називаються лініями ізолюксами.

Таблиця 5.1
Розрахункові значення функції $f(p', L')$

| Значення f при довжині P' , м (верхній порядок) і кутові $\gamma..^\circ$ (нижній рядок) | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| L' | m | 0 | 0,25 | 0,5 | 0,75 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 4,0 |
| | | 0 | 14 | 27 | 37 | 45 | 56 | 64 | 68 | 72 | 76 |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 0,25 | 1,25 | 0,24 | 0,22 | 0,176 | 0,127 | 0,088 | 0,043 | 0,023 | 0,013 | 0,008 | 0,0036 |
| | 2,0 | 0,24 | 0,22 | 0,175 | 0,126 | 0,088 | 0,043 | 0,023 | 0,013 | 0,008 | 0,0036 |
| | 4,0 | 0,24 | 0,22 | 0,172 | 0,125 | 0,087 | 0,043 | 0,022 | 0,013 | 0,008 | 0,0036 |
| 0,50 | 1,25 | 0,43 | 0,40 | 0,32 | 0,234 | 0,165 | 0,082 | 0,044 | 0,025 | 0,016 | 0,007 |
| | 2,0 | 0,43 | 0,39 | 0,31 | 0,23 | 0,16 | 0,082 | 0,044 | 0,025 | 0,016 | 0,007 |
| | 4,0 | 0,43 | 0,37 | 0,30 | 0,22 | 0,16 | 0,08 | 0,043 | 0,025 | 0,016 | 0,007 |
| 1,00 | 1,25 | 0,63 | 0,59 | 0,48 | 0,37 | 0,27 | 0,143 | 0,08 | 0,048 | 0,03 | 0,014 |
| | 2,0 | 0,59 | 0,55 | 0,46 | 0,35 | 0,26 | 0,14 | 0,078 | 0,047 | 0,03 | 0,014 |
| | 4,0 | 0,51 | 0,48 | 0,40 | 0,31 | 0,23 | 0,13 | 0,074 | 0,045 | 0,029 | 0,014 |
| 2,00 | 1,25 | 0,73 | 0,68 | 0,57 | 0,45 | 0,35 | 0,20 | 0,12 | 0,007 | 0,051 | 0,025 |
| | 2,0 | 0,66 | 0,62 | 0,52 | 0,41 | 0,32 | 0,19 | 0,11 | 0,073 | 0,049 | 0,024 |
| | 4,0 | 0,53 | 0,50 | 0,42 | 0,33 | 0,26 | 0,16 | 0,10 | 0,065 | 0,044 | 0,023 |
| 1,50 | 1,25 | 0,70 | 0,66 | 0,55 | 0,43 | 0,32 | 0,18 | 0,105 | 0,065 | 0,042 | 0,02 |
| | 2,0 | 0,64 | 0,60 | 0,51 | 0,40 | 0,30 | 0,17 | 1,10 | 0,063 | 0,041 | 0,02 |
| | 4,0 | 0,53 | 0,50 | 0,42 | 0,33 | 0,26 | 0,15 | 0,09 | 0,058 | 0,038 | 0,02 |
| 3,00 | 1,25 | 0,74 | 0,70 | 0,59 | 0,47 | 0,36 | 0,22 | 0,14 | 0,09 | 0,062 | 0,032 |
| | 2,0 | 0,66 | 0,62 | 0,53 | 0,42 | 0,33 | 0,20 | 0,13 | 0,084 | 0,058 | 0,031 |
| | 4,0 | 0,53 | 0,50 | 0,43 | 0,34 | 0,27 | 0,16 | 0,10 | 0,071 | 0,05 | 0,028 |

5.2. Методика розрахунку СТУ в вигляді світлової лінії

Для розрахунку СТУ, виконаний на базі люмінесцентних світильників, що утворюють світлові лінії, виконують наступні операції :

1. Встановлюють вихідні показники СТУ :

- по будівельному плану і довжину приміщення a , м; ширину приміщення b , м; висоту приміщення h , м.

- нормоване значення освітленості E_n , лк;

- значення коефіцієнтів запасу K_z , відбиття ρ підлоги, ρ стелі, ρ стін, додаткової освітленості μ , мінімальної освітленості z .

2. Вибирають тип освітленості прибору, встановлюють його тип кривої сили світла (табл.8), його габарити: L_{ce} - довжина світильника, м; h_{ce} - висота світильника, м; a_{ce} -

ширина світильника, визначають спосіб встановлення світильника (на стелі, на тросі і т.д.).

3. По типу КСС світильника визначають раціональну відстань між рядами світильників (табл. 5.2).

$$\lambda = \frac{L_{\hat{n}\hat{a}p}}{h_p} \quad (5.15)$$

де $L_{\text{сер}}$ – відстань між рядами світильників, м;

h_p - висота від горизонтальної площини, в якій нормується освітленість, до вихідного отвору світильника, м.

4. Задаються чи визначають розрахункову висоту підвісу світильника, (h_p):

$$h_p = h - h_{\hat{n}\hat{a}} \quad (5.16)$$

5. Обчислюють раціональну відстань між рядами світильників ($L_{\text{сер}}$):

$$L_{\hat{n}\hat{a}p} = h_p \times \lambda \quad (5.17)$$

Таблиця 5.2

Раціональні відносні віддалі освітлювальних приборів.

| Характер світлорозподілення світильника | Умовне позначення | Відносна відстань між світильниками / λ / з лампами ЛЛ | Відносна відстань між світильниками / λ / з лампами ЛН |
|-----------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Концентроване | К | 0,6 | 0,6 |
| Глибоке | Г | 0,9 | 1,0 |
| Косинусна | Д | 1,4 | 1,6 |
| Рівномірне | М | 2,0 | 2,6 |
| Напівшироке | Л | 1,6 | 1,8 |

6. Визначають можливе число рядів (h_p):

$$h_p = \frac{\hat{a}}{L_{\hat{n}\hat{a}p}} \quad (5.18)$$

де \hat{a} - ширина приміщення, м

7. Визначають відстань від крайнього ряду до стіни приміщення ($L_{\text{кр}}$) (без врахування ширини світильників)

$$L_{\hat{e}\hat{\delta}} = \frac{\hat{a} - (h_p - 1) \times L_{\%o.p}}{2} \quad (5.19)$$

8. Визначають індекс приміщення:

$$i = \frac{\hat{a} \times \hat{a}}{h_p(\hat{a} + \hat{a})} \quad (5.20)$$

9. Використовуючи таблиці (І) виражають коефіцієнти використання світлового потоку I при заданих значеннях ρ і i :

$$I =$$

10. Визначають величину світлового потоку однієї світлової лінії:

$$\Phi_{\hat{e}\hat{\delta}i} = \frac{\hat{A}_i \cdot z \cdot a \cdot \hat{a} \cdot \hat{E}_c}{h_p H} \quad (5.21)$$

11. Визначають можливу кількість вибраних світильників в одній лінії ($N_{\text{с.лін}}$):

$$N_{\text{с.лін}} = \frac{\hat{a}}{L_{\hat{n}\hat{a}} + \lambda}, \hat{u}\hat{\delta} \quad (5.22)$$

12. Визначають світловий потік одного світильника ($\Phi_{св}$):

$$\Phi_{\bar{n}\bar{a}} = \frac{\hat{O}_{\bar{e}\bar{q}}}{N_{\bar{e}\bar{q}}}, \bar{e}\bar{i} \quad (5.23)$$

13. Визначають світловий потік однієї лампи, яка повинна бути встановлена в світильнику (Φ_l):

$$\Phi_{\bar{e}} = \frac{\hat{O}_{\bar{n}\bar{a}}}{N_{\bar{e}}} \quad (5.24)$$

де N_l – кількість ламп в вибраному типі світильника, шт.

14. По довіднику (1) чи паспорту світильника встановлюють реальну величину світлового потоку стандартної лампи ($\Phi_{лр}$):

$$\Phi_{лр} = \dots, \text{ лм} \quad (5.25)$$

Встановлено значення стандартної лампи підставляють в основну розрахункову формулу і визначають величину розрахункової освітленості (E_p):

$$E_p = \frac{\hat{O}_{\bar{e}\bar{d}} N_A N_{c.\bar{e}\bar{q}} n_p H}{z S \hat{E}_c} \quad (5.26)$$

Якщо розрахункове значення освітленості (E_p) лежить в межах від - 10% до +20% від нормованого (E_n), то розрахунок проведений правильно. При порушенні даної умови необхідно повторити розрахунки змінюючи вихідні дані, кількість рядів, тип світильника, висоту підвісу, потужність ламп і т.д.

15. Визначають загальну кількість світильників (N) в СТУ:

$$N = N_{c.\bar{e}\bar{q}} n_p, \text{ шт} \quad (5.27)$$

16. Визначають встановлену потужність СТУ ($P_{cту}$):

$$P_{cту} = \alpha n_l P_l N, \text{ Вт} \quad (5.28)$$

де P_l - потужність однієї лампи, Вт;

α - коефіцієнт, що враховує втрати потужності в ПРА

($\alpha = 1,10 \dots 1,24$)

5.3. Приклад розрахунку

Приклад I

Провести розрахунок СТУ приміщення профілакторію для телят з розмірами $a = 21$ м, $b = 12$ м; висота $h = 4,2$ м. Нормоване значення освітленості $E_n = 150$ лк.

Виконання :

1. Встановлюють нормативні параметри СТУ:

$E_n = 150$ лк; $a = 21$ м; $b = 12$ м; $h = 4,2$ м (по умові).

$Z = 1,1$; $K_z = 1,3$; $S = 0$; $\mu = 1,05$ (приймаємо виходячи з призначення приміщення і особливостей його конструкції).

2. Викреслюємо план приміщення (рис. 5.4).

3. Рахуємо, що СТУ буде виконана на базі світильників типу ЛСП-15 з ЛЛ типу ЛБР.

Світильник розрахований на дві лампи, КСС типу Д. Довжина світильника (по аналогії з світильником ПВЛМ з відкритими лампами):

$a_{св} = 1,35$ м; $b_{св} = 0,27$ м; $h_{св} = 0,22$ м; (табл.3.9 (3)) (табл. 3.10 (3)).

4. Визначаємо раціональну відстань між рядами світильників (табл.8)

5. Приймаємо, що $\lambda = 1,4$ світильники в СТУ будуть підвішені на тросі з висотою від підлоги до вихідного отвору світильника: $h_p = 3,0$ м.

6. Визначаємо раціональну відстань між рядами світильників:

$$L_{св.р} = h_p \lambda = 3,0 \cdot 1,4 = 4,2 \text{ м} \quad (5.29)$$

7. Визначаємо можливе число рядів:

$$n_p = \frac{e}{L_{св}} = \frac{12}{4,2} = 2,86 \text{ ряд} \quad (5.30)$$

Приймаємо, що в СТУ буде три ряди світильників $n_p = 3$.

До приладу I розрахунку СТУ від світлової лінії :

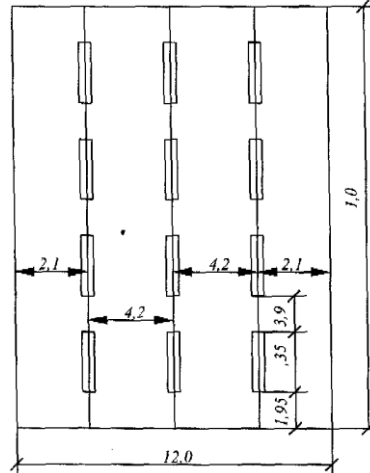


Рис.5.4

8. Визначаємо відстань від крайнього ряду до стіни приміщення

$$L_{кр} = \frac{[e - (n_p - 1)L_{св.р}]}{2} = \frac{[12 - (3 - 1) \cdot 4,2]}{2} = 1,8 \text{ м} \quad (5.31)$$

9. По табл.5.12 (3) для значень $\rho = 0$, світильник типу ПВЛМ з двома лампами ЛБР визначаємо величину КИСП:

$$И \approx 0,42 \quad (5.32)$$

10. Визначаємо індекс приміщення:

$$i = \frac{12 \cdot 21}{3,0(12 + 21)} = 2,55 \quad (5.33)$$

11. Визначаємо величину світлового потоку одній світловій лінії

$$\Phi_{лин} = \frac{E_n z a e K_z}{n_p H} = \frac{150 \cdot 1,1 \cdot 12 \cdot 21 \cdot 1,3}{3 \cdot 0,42} = \frac{128700}{3} = 42900 \text{ лм} \quad (5.34)$$

12. Визначаємо можливу кількість світильників в лінії, якщо рекомендована відстань між світильниками $L_{св.р} = 4,2$ м

$$N_{с.лин} = \frac{a}{L_{св} + L_{св.р}} = \frac{21}{1,35 + 4,2} = 3,8 \text{ шт} \quad (5.35)$$

Приймаємо, що в одному ряду буде встановлено чотири світильника, тоді реальна відстань між світильниками:

$$L_{св.р} = \frac{a - 4 \cdot 1,35}{4} = 3,9 \text{ м} \quad (5.36)$$

При тому, відстань крайніх світильників до торцевих стін:

$$t_m = 3,9 \quad n = 1,95 \text{ м}$$

13. Визначаємо потрібний світловий потік одного світильника:

$$\Phi_{cv} = \frac{\Phi_{лин}}{N_{лин}} = \frac{42900}{4 + 10725} \text{ лм} \quad (5.37)$$

14. Визначаємо потрібний світловий потік однієї лампи, якщо використовуються двохлампові світильники:

$$\Phi_l = \frac{\Phi_{cv}}{2} = \frac{10725}{2} = 5362,5 \text{ лм} \quad (5.38)$$

15. По довідниковим даним визначаємо, що лампа ЛБР-80 має світловий потік $\Phi_{80} = 4160$ лм (табл.2.12 (3)). Тоді реальний світловий потік одного світильника буде рівнятися:

$$\hat{O}_{ca} = 2 \cdot 4160 = 8320 \text{ єї} \quad (5.39)$$

Визначаємо реальну кількість світильників для СТУ:

$$N_{СТУ} = \frac{\Phi_{лин} \cdot n_p}{\Phi_{cv}} = \frac{429003}{8320} = 15,5 \text{ шт} \quad (5.40)$$

Приймаємо, що в кожному із трьох рядів буде встановлено по $N_l=5$ двохлампових світильників типу ЛСП-15 2×80, довжина якого:

$$L_{80} = 1,65 \text{ м (табл.3.9 (3))}.$$

17. Визначаємо нову відстань між світильниками в ряду:

$$L_{cv,p} = \frac{a - L_{80} \cdot 5}{5} = \frac{21 - 1,65 \cdot 5}{5} = 2,55 \text{ м} \quad (5.41)$$

Приймаємо відстань світильниками в ряду 2,5 м (вводимо відповідні корективи в план СТУ).

18. Проводимо перевірочний розрахунок:

$$E_p = \frac{\Phi_l N_l N_{c,лин} H \cdot n_p}{z K_3 S} = \frac{4160 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 0,42 \cdot 3}{1,1 \cdot 1,3 \cdot 21 \cdot 12} = 145,5 \text{ лк} \quad (5.42)$$

Одержане значення освітленості $E_p = 145,5$ лк відрізняється від $E_n = 150$ лк на 3,03% , що задовольняє вимогам розрахунку.

Остаточо: в СТУ прийнято три ряди світильників ЛСП-15 2×80 з лампами ЛБР-80; відстань між рядами 4,2 м; від крайніх рядів до стін 2,1 м; відстань між світильниками в ряду 2,55 м.

19. Встановлена потужність СТУ.

$$P_{СТУ} = 2 \cdot P_l \cdot N_{cv} \cdot \alpha = 2 \cdot 80 \cdot 15 \cdot 1,24 = 2976 \text{ Вт} \quad (5.43)$$

де $\alpha = 1,24$ - Коефіцієнт, що враховує втрати в ПРА.

6. РОЗРАХУНОК СТУ ПО МЕТОДУ ПИТОМОЇ ПОТУЖНОСТІ

6.1. Загальні положення

Метод питомої потужності є спрощеною формою методу КИСП. Потік випромінювання лампи може бути виражений через світлову віддачу:

$$\Phi_l = \eta_{cv} \cdot P_l \quad (6.1)$$

де Φ_l – потік випромінювання лампи;

$\eta_{св}$ – світлова віддача лампи, $лм \cdot Вт^{-1}$;

P_l - потужність лампи, $Вт$.

В свою чергу, питома потужність:

$$P = \frac{P_l \cdot N}{A} \quad (6.2)$$

де P - питома потужність СТУ, $Вт \cdot м^{-2}$;

A - освітлена площа, $м^2$;

N - кількість ламп в СТУ, шт.

Співставивши формули (6.1) і (6.2) і враховуючи, що

$$\Phi_l = \frac{E_n K_3 z A}{NH_{СТУ}} \quad (6.3)$$

Одержимо :

$$P = \frac{E_n K_3 \cdot z}{\eta_{св} \cdot H_{СТУ}} \quad (6.4)$$

Величина P подається в таблицях функцій ряду змінних (табл.9)

Таблиця 6.1

Питома потужність загального рівномірного освітлення, світильники ППР-100, ППР-200, НСПОІ; НСПО9 (для значення $\rho_l = 50\%$, $\rho_c = 30\%$, $\rho_{пол} = 10\%$, $\eta = 1,15$)

| Питома потужність, $Вт \cdot м^{-2}$, при освітленості, $лк$ | | | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------|-----------|-----|------|------|------|------|------|-------|
| $h, м$ | $A, м^2$ | 5 | 10 | 20 | 30 | 50 | 75 | 100 |
| 2...3 | 10...15 | 3,7 | 6,3 | 12,6 | 18,2 | 31,0 | 46,5 | 62,0 |
| | 15...25 | 3,1 | 5,3 | 9,7 | 14,4 | 23,4 | 35,0 | 46,7 |
| | 25...50 | 2,5 | 4,4 | 7,9 | 11,7 | 18,8 | 28,1 | 37,5 |
| | 50...100 | 2,0 | 3,6 | 6,1 | 9,2 | 15,0 | 22,5 | 30,5 |
| | 150...300 | 1,7 | 2,9 | 5,4 | 7,8 | 12,8 | 19,2 | 25,6 |
| | 300 | 1,5 | 2,6 | 4,8 | 7,0 | 11,4 | 17,0 | 22,7 |
| 3...4 | 10...15 | 5,8 | 10,0 | 18,8 | 28,2 | 47,0 | 70,5 | 94,0 |
| | 15...25 | 4,1 | 7,8 | 15,5 | 23,2 | 38,6 | 58,0 | 77,3 |
| | 25...30 | 3,2 | 6,3 | 12,4 | 18,5 | 30,9 | 46,4 | 61,8 |
| | 30...50 | 2,6 | 4,8 | 9,3 | 13,9 | 23,2 | 34,7 | 46,3 |
| | 50...120 | 2,2 | 3,9 | 7,4 | 11,1 | 18,5 | 27,8 | 37,0 |
| | 120...300 | 1,7 | 3,1 | 6,0 | 8,9 | 14,9 | 22,4 | 39,4 |
| 300 | 1,4 | 2,6 | 4,7 | 7,1 | 11,8 | 17,7 | 23,6 | |
| 4...6 | 10...17 | 8,8 | 11,9 | 23,8 | 35,7 | 59,5 | 89,2 | 119,0 |
| | 17...25 | 6,4 | 10,3 | 20,6 | 30,9 | 51,5 | 77,2 | 103,0 |
| | 25...35 | 4,3 | 8,5 | 17,0 | 22,5 | 42,5 | 63,8 | 85,0 |
| | 35...50 | 3,4 | 6,8 | 13,0 | 20,4 | 34,0 | 51,0 | 68,0 |
| | 50...80 | 2,7 | 5,2 | 10,4 | 16,6 | 26,0 | 39,0 | 52,0 |
| | 80...150 | 2,1 | 4,1 | 8,2 | 12,3 | 20,5 | 30,8 | 41,0 |
| | 150...400 | 1,9 | 3,2 | 6,5 | 9,8 | 16,2 | 24,4 | 32,5 |
| | 400 | 1,3 | 2,4 | 4,9 | 7,4 | 12,2 | 18,4 | 24,5 |

Потужність лампи визначається як:

$$P_n = \frac{P \cdot A}{N} \quad (6.5)$$

Розраховується освітленість в контрольній точці

$$E = \frac{I_\beta \sin^3(\Theta \pm \beta)}{K_3 h_p^2} \quad (6.6)$$

Перевіряється відповідність розрахункового значення освітленості нормованому значенню.

Таблиця 6.2
Світлотехнічні дані прожекторів

| Тип прожектора | Тип лампи $U=220V$ | h_{min} м | I_0 ккд | β° вм | β° зм | Вертикальна площа | | Горизонтальна площа | | η % |
|----------------|-----------------------|----------------|--------------|---------------------|---------------------|-------------------|------|---------------------|------|-------------|
| | | | | | | n | H | n | H | |
| ПЗС45 | Г-1000 | 21 | 100 | 13 | 15 | 15 | 1,11 | 12 | 0,51 | 44 |
| ПСМ50 | Г-1000 | 20 | 120 | 10 | 10,5 | 17 | 0,55 | 17 | 0,55 | 34 |
| ПСМ50 | ДРЛ400 | 8,0 | 19,5 | 35 | 35 | 5 | 1,18 | 5 | 1,18 | 29 |
| ПСМ40 | Г-500 | 15 | 70 | 9,5 | 9,5 | 18 | 0,63 | 18 | 0,63 | 37 |
| ПСМ30 | Г-200 | 10,5 | 33 | 8,2 | 8,2 | 21 | 0,85 | 21 | 0,85 | 31 |
| ПЗР250 | ДРЛ250 | 6 | 11 | 30 | 30 | 6 | 0,91 | 6 | 0,91 | 31 |
| ПЗР400 | ДРЛ400 | 8 | 19 | 30 | 30 | 6 | 0,94 | 6 | 0,94 | 23 |
| ПЗС45 | ДРЛ700 | 10 | 30 | 34 | 33 | 5 | 1,13 | 5 | 0,48 | 27 |
| ПЗС35 | Г-500 | 18 | 100 | 7 | 14,5 | 25 | 3,52 | 12 | 0,86 | 49 |
| ПКН1-1000 | КГ-1000 | 11,5 | 55 | 8 | 42 | 22 | 0,44 | 4 | 0,56 | 60 |
| ПКН2-1000 | КГ-1000 | 10 | 31 | 14 | 41 | 9 | 1,64 | 4 | 0,58 | 60 |
| ПКН1-1500 | КГ-1500 | 17 | 90 | 13 | 42 | 13 | 2,79 | 4 | 0,56 | 60 |

6.2. Приклади розрахунку.

Приклад I.

Розрахувати прожекторн СТУ для освітлення вигульного двору свинарника розмірами: довжина $a = 80$ м; ширина $b = 20$ м, якщо необхідно забезпечити освітленість $E_n = 0,5$ лк (рис.17), при $K_3 = 1,15$.

Виконання.

1. Визначаємо встановлену потужність СТУ, рахуючи, що для освітлення використовується прожектор з ЛР типу ПЗС-45 з лампою типу П-220-1000 (табл.9.1) тобто $m = 0,7$:

$$P_{уст} = m K_n K_3 A = 0,7 \cdot 0,5 \cdot 1,15 \cdot 80 \cdot 20 = 644 \text{ Вт} \quad (6.7)$$

До розрахунку прожекторної СТУ

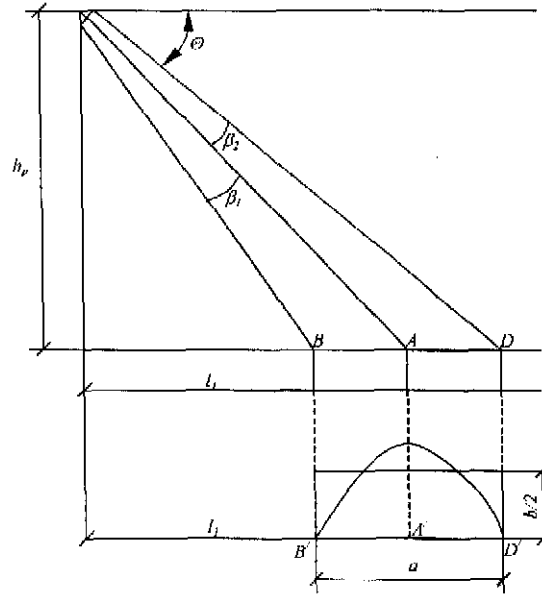


Рис. 6.1

2. Типова лампа Г-220-1000 значне більше потрібної потужності $P_{уст} = 644 \text{ Вт}$.
 Рахуємо, що прожектор ПЗС-45 буде експлуатуватися з лампою Г-220-750. По табл. (2.2 (3)) визначаємо світловий потік лампи Г-220-750 $\Phi_{750} = 13100 \text{ лм}$; світловий потік лампи Г-220-1000 $\Phi_{1000} = 18600 \text{ лм}$.

По табл. 6.2 визначаємо силу світла прожектора з 1000 Вт лампою: $I_{01000} = 100 \text{ кд}$.

3. Визначаємо силу світла прожектора ПЗС-45 з лампою Г-220-750

$$I_{0750} = \frac{\Phi_{750}}{\Phi_{1000}} \times I_{01000} = \frac{13100}{18600} \cdot 100 = 70,4 \text{ ккд} \quad (6.8)$$

4. Визначаємо мінімальну висоту установки прожектора з лампою Г-220-750.

$$h_{p \min} = \sqrt{\frac{70400}{300}} = 15,3 \text{ м} \quad (6.9)$$

Приймаємо $h_{p \min} = 15 \text{ м}$

5. Визначаємо вихідні дані для дальшого розрахунку по табл. 9.1.

$$\beta_r = 15^\circ; \beta_e = 13^\circ; n_e = 13; \mu_e = 1,11; n_r = 12; M_r = 0,51.$$

ККД прожектора $\eta = 0,44$.

6. Визначаємо кут нахилу прожектора в вертикальній площині

$$\Theta = 1^\circ + \arcsin \sqrt{\frac{\pi \cdot \sin(4 \cdot 13^\circ) \cdot lq12 \cdot 15^\circ}{2 \cdot 13100 \cdot 0,44}} \cdot 0,5 \cdot 1,15 \cdot (15)^2 = 8,3^\circ \quad (6.10)$$

7. Визначаємо відстань між опорою і найближчою стороною освітленої площини L_1 :

$$L_1 = \frac{15,0}{lq(0,8 \cdot 13^\circ + 8,3^\circ)} = 41,2 \text{ м} \quad (6.11)$$

8. Визначаємо значення кутів: β для точки В і β_2 для точки Д (рис.17.)

$$\beta_2 = \Theta - \arctg \frac{m}{l+a} = 8,3^\circ - \arctg \frac{15}{41,2+80} = 1,2^\circ \quad (6.12)$$

$$\beta_1 = \Theta - \beta_2 = 8,3^\circ - 1,2 = 7,1^\circ$$

9. Визначаємо силу світла прожектора а напрямку точок В і Д.

$$I_B = 70400 \left(\frac{1 + \cos(13 \cdot 7,1^\circ)}{2} \right)^{1,11} = 31166 \text{лк} \quad (6.13)$$

$$I_6 = 70400 \left(\frac{1 + \cos(13 \cdot 1,2^\circ)}{2} \right)^{1,110} = 68961 \text{лк} \quad (6.14)$$

10. Освітленість точок *B* і *Д*.

$$E_B = \frac{I_B \sin^3(\Theta + \beta_1)}{K_3 h_p^2} = \frac{31166 \cdot \sin^3(8,3^\circ + 7,8)}{1,15 \cdot (15)^2} = 2,2 \text{лк} \quad (6.15)$$

$$E_A = \frac{I_0 \sin^3(\Theta - \beta_2)}{K_3 \cdot h_p^2} = \frac{68961 \cdot \sin^3(8,3 - 1,2^\circ)}{1,15 \cdot (15)^2} = 0,5 \text{лк} \quad (6.16)$$

11. Освітленість в центрі площадки:

$$E_A = \frac{I_0 \sin^3 \Theta}{K_3 \cdot h_p^2} = \frac{70400 \cdot \sin^3 8,3^\circ}{1,15 \cdot (15)^2} = 0,8 \text{лк} \quad (6.17)$$

12. Середня освітленість площадки:

$$E_{\text{сеп}} = \frac{E_A + E_B + E_D}{3} = \frac{0,8 + 0,5 + 2,2}{3} = 1,17 \text{лк} \quad (6.18)$$

таким чином, в найгіршій точці *Д* забезпечення нормована освітленість $E_n = 0,5 \text{лк}$.

Приклад 2.

Визначити метод питомої потужності параметри СТУ для освітлення секції, призначеної для утримання підсосних маток з поросятами (тип. проект № 19-154). Розміри секції $a = 36 \text{ м}$; $b = 9,0 \text{ м}$. Станки розміщені вздовж центрального проходу. Природне освітлення - бокове, одностороннє, висота від підлоги до нижнього краю світлоприйому - $1,18 \text{ м}$; висота світлоприйому - $2,4 \text{ м}$ (рис.5.4).

Виконання:

1. Визначаємо $E_n = 75 \text{лк}$, коефіцієнт природної освітленості к.п.о. = 0,5%.
2. По табл. 10 виражаємо границю зони з недостатнім природнім світлом: початок зони $L_3 = 12 \text{ м}$ від світлоприйому.
3. Уточнюємо освітленість в зоні з недостатнім природнім світлом, підвищують її на одну ступінь по шкалі освітленості $E_n = 100 \text{лк}$.
4. Попередньо встановлюємо, що в приміщенні буде два ряди світильників над станками.
5. Вибираємо тип світильника - світильник ПВЛМ (3).
6. Визначаємо криву світлорозподілу світильника - тип Д і рекомендоване відношення $L_B/h = 1,6$, де L_B - відстань між рядами світильників, $м$; h - висота встановленого світильника, $м$.
7. Приймаємо, що висота установки світильників рівна $2,8 \text{ м}$, тоді

$$L_B = 2,8 \cdot 1,6 = 4,5 \text{ м} \quad (6.19)$$

8. Уточнюємо тип світильника: ПВЛМ-Д-2×40 з лампами ЛБ-40.
9. Визначаємо площу приміщення:

$$S = a \cdot b = 36 \cdot 9 = 324 \text{ м}^2 \quad (6.20)$$

По табл. 12 знаходимо відстань між світильниками в ряду, питому потужність при $E_n = 100 \text{лк}$, $L_B = 4,5 \text{ м}$, $S = 324 \text{ м}$ (рис.5.4)

$$L_{a1} = 5,5 \text{ м}; P_1 = 32 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \quad (6.20)$$

Схема розміщення світильників в секції утримання під сосних маток з порослятами (тип. проект 19-154)

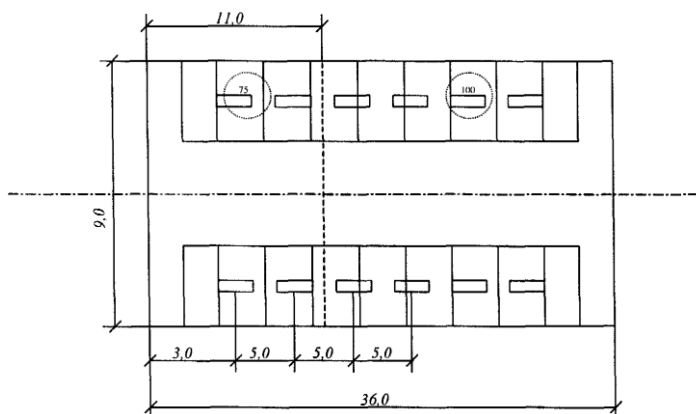


Рис.6.2

Таблиця 6.3
Границя зони з недостатнім природнім світлом

| Глибина приміщення | Висота світлового пройому | Відстань від зовнішньої стіни до границі зони з недостатнім природнім світлом, м, при боковому двосторонньому освітленні для значень к.п.д. % | | |
|--------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|
| | | 0,4 | 0,5 | 0,7 |
| 5 | 0,6 | - | - | - |
| 9 | 0,6 | 7,0 | 6,0 | 5,0 |
| | 0,8 | - | 8,5 | 7,0 |
| | 1,2 | - | - | - |
| 10,5 | 0,6 | 8,0 | 7,0 | 6,0 |
| | 0,9 | - | 9,6 | 8,0 |
| | 1,2 | - | - | 8,5 |
| 13,5 | 0,9 | 8,0 | 6,0 | 4,5 |
| | 1,2 | - | 11,0 | 9,5 |
| | 1,5 | - | - | 10,5 |

Таблиця 11.
Відстань від зовнішньої стіни до границі зони з недостатнім по нормі природнім світлом, м

| Висота світлового пройому | Значення к.п.д. % , для бокового одностороннього освітлення | | |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------|------|------|
| | 0,4 | 0,5 | 0,6 |
| 0,6 | 5,5 | 5,5 | 4,0 |
| 0,9 | 8,5 | 7,0 | 5,0 |
| 1,2 | 9,0 | 8,0 | 6,0 |
| 1,5 | 11,5 | 10,0 | 8,5 |
| 2,4 | 14,0 | 12,0 | 10,0 |

11. По таблиці 6.5 знаходимо відстань між світильниками в ряду L_a і питому потужність P при $E_n = 75$ лк;

$$L_a = 6,1 м ; P_2 = 2,9 Вт \cdot м^{-2} \quad (6.22)$$

12. Визначаємо кількість світильників в ряду в зоні з $E_n = 100$ лк:

$$N_1 = \frac{L_a}{L_{a1}} = \frac{a - L_3}{L_{a1}} = \frac{36 - 12}{5,5} = 4,4 шт \quad (6.23)$$

приймаємо $N_1 = 5$ світильників

13. Визначаємо кількість світильників в ряду в зоні з $E_n = 75$ лк.

$$N_2 = \frac{L_a}{L_{a2}} = \frac{12}{6,1} \approx 2 шт \quad (6.24)$$

Таблиця 12 Питома потужність світильників з ЛЛ при освітленні тваринницьких приміщень

| Нормована Освітленність E_n і K_z , лк | Номер Схеми Розміщення Світильників (рис.5.6) | Відстань між рядами світильників, м | | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------|
| | | 3,5 | | 4,5 | | 5,5 | | 6,5 | |
| | | Відстань між світильниками вздовж ряду, м | Середня питома потужність, $Вт/м^2$ | Відстань між світильниками вздовж ряду, м | Середня питома потужність, $Вт/м^2$ | Відстань між світильниками вздовж ряду, м | Середня питома потужність, $Вт/м^2$ | Відстань між світильниками вздовж ряду, м | Середня питома потужність, $Вт/м^2$ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Світильник ПВЛМ-Д-2×40; тип ламп ЛБ для приміщень площею $S \geq 300 м^2$ | | | | | | | | | |
| 50 × 1,3 | 1 | 7,6 | 3,0 | 6,6 | 2,7 | 5,2 | 2,8 | 4,1 | 3,0 |
| 75 × 1,3 | | 6,7 | 3,4 | 6,1 | 2,9 | 4,3 | 3,4 | 3,1 | 4,0 |
| 100 × 1,3 | | 5,7 | 4,0 | 5,5 | 3,2 | 3,6 | 4,0 | 2,4 | 5,1 |
| 150 × 1,3 | | 4,3 | 5,3 | 3,7 | 4,8 | 2,5 | 5,8 | 1,7 | 7,2 |
| для приміщень площею $S \geq 50 - 150 м^2$ | | | | | | | | | |
| 50 × 1,3 | 1 | 5,8 | 3,9 | 5,1 | 3,5 | 4,0 | 3,6 | - | - |
| 75 × 1,3 | | 5,2 | 4,4 | 4,7 | 3,8 | 3,3 | 4,4 | - | - |
| 100 × 1,3 | | 4,4 | 5,2 | 4,2 | 4,2 | 2,8 | 5,2 | - | - |
| 150 × 1,3 | | 3,3 | 6,9 | 2,9 | 6,2 | 2,0 | 7,5 | - | - |
| Світильник ПВЛМ-Д-2×80; тип ламп ЛБ для приміщень площею $S \geq 300 м^2$ | | | | | | | | | |
| 50 × 1,3 | 1 | 10,5 | 4,4 | 9,3 | 3,8 | 7,4 | 3,9 | 6,1 | 4,0 |
| | 2 | 11,5 | 4,0 | 10,0 | 3,5 | 8,1 | 3,6 | 6,6 | 3,7 |
| 75 × 1,3 | 1 | 9,7 | 4,7 | 8,5 | 4,2 | 6,7 | 4,3 | 5,5 | 4,5 |
| | 2 | 10,5 | 4,3 | 9,8 | 3,8 | 7,4 | 3,9 | 6,0 | 4,1 |
| 100 × 1,3 | 1 | 8,7 | 5,2 | 7,7 | 4,6 | 5,9 | 4,9 | 4,6 | 5,4 |
| | 2 | 9,5 | 4,8 | 8,1 | 4,3 | 6,4 | 4,6 | 5,0 | 4,9 |
| 150 × 1,3 | 1 | 6,1 | 7,5 | 5,2 | 6,9 | 3,9 | 7,4 | 3,1 | 8,0 |
| | 2 | 6,5 | 7,0 | 5,4 | 6,6 | 4,3 | 6,8 | 3,6 | 7,0 |
| для приміщення площею $S = 50 - 150 м^2$ | | | | | | | | | |
| 50 × 1,3 | 1 | 8,7 | 5,3 | 4,9 | 4,5 | 6,2 | 4,7 | - | - |
| | 2 | 9,5 | 4,8 | 8,4 | 4,2 | 6,8 | 4,3 | - | - |
| 75 × 1,3 | 1 | 8,2 | 5,6 | 7,1 | 5,0 | 5,6 | 5,2 | - | - |

| | | | | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---|-----|------|-----|------|-----|------|-----|-----|
| 100 × 1,3 | 2 | 8,7 | 5,2 | 7,7 | 4,6 | 6,1 | 4,8 | - | - |
| | 1 | 7,4 | 6,2 | 6,4 | 5,5 | 4,9 | 5,9 | - | - |
| 150 × 1,3 | 2 | 8,0 | 5,7 | 7,0 | 5,1 | 5,4 | 5,4 | - | - |
| | 1 | 5,1 | 9,0 | 4,3 | 8,2 | 3,3 | 8,9 | - | - |
| | 2 | 5,4 | 8,4 | 4,6 | 7,8 | 3,6 | 8,2 | - | - |
| Тип світильника ПВЛ 1-2×40; тип ламп ЛБ для приміщень площею $S \geq 300 \text{ м}^2$ | | | | | | | | | |
| 50 × 1,3 | | 6,5 | 3,5 | 5,5 | 3,2 | 3,8 | 3,8 | - | - |
| 75 × 1,3 | 1 | 5,7 | 4,0 | 5,0 | 3,6 | 3,4 | 4,3 | - | - |
| 100 × 1,3 | | 5,0 | 4,6 | 4,2 | 4,2 | 2,9 | 5,0 | - | - |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 150 × 1,3 | | 3,3 | 7,0 | 2,8 | 6,3 | 2,0 | 7,5 | - | - |
| для приміщень площею $S = 50 - 150 \text{ м}^2$ | | | | | | | | | |
| 50 × 1,3 | | 5,2 | 4,4 | 4,3 | 4,1 | 3,0 | 4,9 | - | - |
| 75 × 1,3 | 1 | 4,6 | 5,0 | 3,9 | 4,6 | 2,6 | 5,5 | - | - |
| 100 × 1,3 | | 3,9 | 5,8 | 3,3 | 5,4 | 2,3 | 6,4 | - | - |
| 150 × 1,3 | | 2,6 | 8,7 | 2,2 | 8,0 | 1,5 | 9,5 | - | - |
| Тип світильника ППД-100 для приміщень площею $S \geq 300 \text{ м}^2$ | | | | | | | | | |
| 20 × 1,15 | | 6,6 | 4,8 | 6,5 | 3,6 | 4,4 | 4,1 | - | - |
| 30 × 1,15 | 1 | 5,3 | 5,4 | 4,5 | 4,9 | 3,3 | 5,5 | - | - |
| 50 × 1,15 | | 3,4 | 8,4 | - | - | - | - | - | - |
| для приміщень площею $S = 50 - 150 \text{ м}^2$ | | | | | | | | | |
| 20 × 1,15 | | 5,6 | 5,1 | 5,2 | 4,3 | 3,8 | 4,8 | - | - |
| 30 × 1,15 | 1 | 4,4 | 6,5 | 3,8 | 5,8 | - | - | - | - |
| 50 × 1,15 | | 2,8 | 10,3 | - | - | - | - | - | - |
| Тип світильників ППД-200 для приміщень площею $S \geq 300 \text{ м}^2$ | | | | | | | | | |
| 20 × 1,15 | | - | - | - | - | 8,5 | 4,3 | 6,8 | 4,5 |
| 30 × 1,15 | 1 | - | - | - | - | 6,4 | 5,7 | 5,2 | 5,9 |
| 50 × 1,15 | | - | - | 5,4 | 8,2 | 3,9 | 9,5 | - | - |
| для приміщень площею $S = 50 - 150 \text{ м}^2$ | | | | | | | | | |
| 20 × 1,15 | | - | - | - | - | 7,6 | 4,8 | 6,0 | 5,2 |
| 30 × 1,15 | 1 | - | - | 7,7 | 5,8 | 6,0 | 6,1 | 4,5 | 6,9 |
| 50 × 1,15 | | 5,4 | 10,5 | 4,5 | 10,0 | 3,3 | 11,0 | - | - |

ДОДАТОК : 1. Для проміжних значень L_v середня питома потужність знаходиться інтерполіванням.

2. Схеми розміщення світильників приведені на рис.5.6.

3. Середня питома потужність для світильників типу ПВЛМ і ПВЛМ-ДР виражається множенням середньої питомої потужності, приведеної для світильників типу ПВЛМ-Д, при відповідних значеннях Φ_n , L_v , S' на 1,08.

14. Визначаємо загальну кількість світильників в ряду:

$$N_1 + N_2 = 5 + 2 = 7 \text{ шт} \quad (6.25)$$

15. Загальне число світильників в СТУ:

$$N \cdot n = 7 \cdot 2 = 14 \text{ шт} \quad (6.26)$$

таким чином в секції повинно бути встановлено дві лінії по 7 шт. світильників типу ПВЛМ 2×40.

Приклад 2.

Для освітлення приміщення корівника, призначеного для прив'язного утримання дійних корів (тип. проект 801-314). Визначити параметри СТУ, якщо розміри приміщення: $a = 100$ м; $b = 21$ м. Приміщення має два проходи. Тваоини розміщені в 4 ряди (рис.6.3).

Виконання:

1. Визначаємо нормоване значення освітленості і в зоні розташування годівниць $E_k = 75$ лк, в стійлах $E_e = 50$ лк.
2. Попередньо на плані (рис.6.3) намічаємо 5 рядів світильників.

314) Схема розміщення світильників в корівнику прив'язного утримання (тип. проект 801-

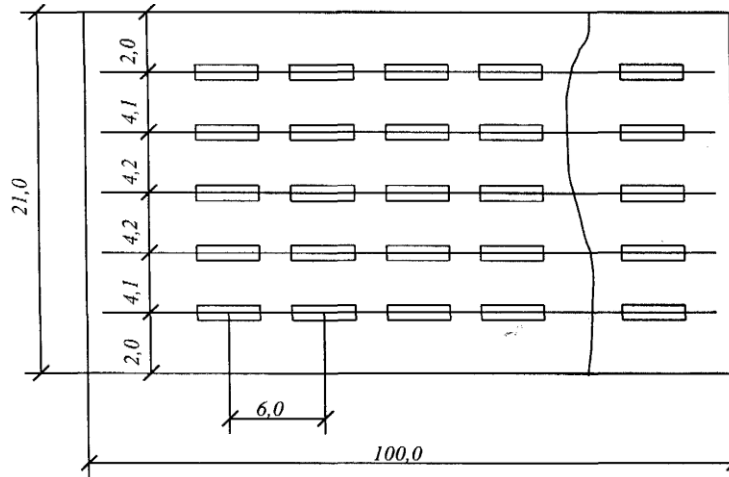


Рис.6.3

3. Рекомендоване значення $L_e/h = 1,6$ для світильників ПВЛМ 2×40 з лампами ЛБ-40.
4. Визначаємо відстань між рядами світильників:

$$L_e = 2,8 \cdot 1,6 = 4,48 \text{ м} \quad (6.27)$$

5. Визначаємо площу приміщення:

$$S = a \cdot b = 21 \cdot 100 = 2100 \text{ м}^2 \quad (6.28)$$

6. Розрахунок СТУ проводимо на найбільш високий рівень освітленості $E_k = 75$ лк.
7. По таблиці 12 знаходимо рекомендовану відстань між світильниками в ряду L_a і питому потужність:

$$L_a = 6,2 \text{ м}; P = 3,0 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \quad (6.29)$$

8. Визначаємо число світильників в ряду:

$$N_1 = \frac{a}{L_a} = \frac{100}{6,2} \approx 16 \text{ шт} \quad (6.30)$$

9. Визначаємо загальну кількість світильників:

$$N = n \cdot N_1 = 5 \cdot 16 = 80 \text{ шт} \quad (6.31)$$

10. Встановлену потужність СТУ.

$$P_{CTY} = 2 \cdot P_{Л} \cdot N \cdot K_{ПРА} = 2 \cdot 40 \cdot 80 \cdot 1,24 = 7936 \text{ Вт} \quad (6.32)$$

де $K_{ПРА} = 1,24$ - коефіцієнт, що враховує втрати потужності в ПРА. Таким чином в приміщенні встановлюється 5 рядів світильників типу 2×40 з лампами типу ЛБ-40 по 16 шт в кожному ряді.

7. РОЗРАХУНОК ОПРОМІНЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК

7.1. Загальні відомості

Для одержання позитивного ефекту від застосування ОВ опромінювальна установка повинна забезпечити передачу необхідної кількості енергії від випромінювання до приймача:

$$Q = \iint_{A\tau} E(\tau, \alpha) dA d\tau \quad (7.1)$$

де A – площа об'єкта, що опромінюється, m^2 ;

α - кут напрямку випромінювання, *град*;

τ - час опромінення, *с*.

Доза опромінення в стаціонарних процесах виражається у вигляді:

$$H = E_{ef} \cdot \tau \quad (7.2)$$

де E_{ef} - ефективна опроміненість

τ - час опромінення.

Значення нормованих доз опромінення приведені в табл.7.1

При опроміненні на практиці вітальним випромінюванням тварин початкове опромінення починається з 0,25 нормованої дози з поступовим збільшенням до повної дози на протязі 2...4 неділі.

При застосуванні бактерицидних установок, опромінення збільшуючи на 10...15% протів норми УФ - обробка металів і біологічних об'єктів допускається коливання в межах $\pm 20\%$. Максимальне збільшення ІФ - опроміненості допускається не більш, чим на 40%.

При розрахунку опромінювальних установок необхідно враховувати, що різні матеріали мають різні оптичні коефіцієнти для УФ, ІЧ і видимого випромінень.

К.К.Д. світильника і опромінювача для різних довжин спектру змінюється і враховується поправкою:

$$K = \frac{\eta_n}{\eta_{ел}} = \Phi_{np} + \Phi_{opr} \frac{\rho_n}{\rho} \quad (7.3)$$

де - К.К.Д. світильника для конкретного виду випромінювання;

- К.К.Д. світильника по довіднику;

- частина прямого потоку;

- частина відбитого потоку;

- коефіцієнти відбиття матеріалу світильника в конкретній і видимих частинах спектру.

Таблиця 7.1
Нормовані дози опромінення

| Тип установки і призначення | Об'єкти випромінювання | Одиниці виміру | Доза (Н) |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------|-----------|
| Бактерецидні для опромінення бактерій і спорів | Коли | $мб\ c.см^{-2}$ | 2,4 |
| | Грибок кандіди | -//- | 6,6 |
| | Сінева палочка | -//- | 10,7 |
| | Стафілокок | -//- | 4,1 |
| | Плесень | -//- | 9,9 |
| Вітальні для стимуляції росту тварин | Корови, бики, телята. | $мвт.ч.м^{-2}$ | 270 - 290 |
| | Телята до 6 місяців. | -//- | 180 - 210 |
| | Телята старші 6 місяців. | -//- | 120 - 140 |
| | Поросята - сосуни. | -//- | 160 - 180 |
| | Поросята на откорме. | -//- | 20 - 25 |
| | Поросята на відгодівлі. | -//- | 60 - 80 |
| | Поросята на відгодівлі. | -//- | 80 - 90 |
| | Свиноматки. | -//- | 80 - 90 |
| | Ягнята до відбиття. | -//- | 220 - 240 |
| | Вівцематки. | -//- | 245 - 260 |
| | Курчата в клітках з решітками. | -//- | 20 - 25 |
| | Курчата підложного утримання. | -//- | 15 - 20 |
| | Курчата в клітках з штампованими клітками | -//- | 40 - 50 |
| Кури-несучки підложного утримання. | -//- | 20 - 25 | |
| Кури - несучки в клітках. | -//- | 40 - 50 | |
| Ультрафіолетові, для обробки кормів, яєць, сім'ян. | Яйце. | $Дж.м^{-2}$ | 1500 |
| | Кормові дрожжі. | -//- | 266 |
| | Насіння: кукурудза | -//- | 4,0 |
| | вівса | -//- | 4,0 |
| | ярової пшениці | -//- | 205 |
| | озимої пшениці | -//- | 3,5 |

Таблиця 7.2
Нормовані параметри опромінення

| Тип установки | | Нормований параметр |
|---------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| Для люмінесцентного аналізу | Око людини, фотоелемент | По чутливості опромінювального матеріалу і фотоелементу |
| Опромінювальні установки рослинництва | Листок цибулинної рослини. | Опроміненність $E=2Вт.м^{-2}$ час = 5...10 год |

| | | |
|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (час опромінення залежить від виду рослин) | Листок розсади рослини. Листок дорослої рослини. Марфогенез. | Опроміненість $E=8Вт.м^{-2}$ час = 8...18 год Опроміненість $E=15Вт.м^{-2}$ час = 8...18 год Опроміненість $E=0,5Вт.м^{-2}$ |
| Інсентезидні для знищення комах | Органи чуття комах | Сила світла випромінювання $I = 50 мВт.ср^{-2}$ |
| ІЧ - випромінювачі для знищення личинок і плісняви | Оброблюваний матеріал | Опроміненість $E=1000Вт.м^{-2}$. Температура нагріву |
| Іч - опромінювачі для сушки лакофарбових покриття | Поверхня | Опроміненість $E=5.10^3 Вт.м^{-2}$ (уточнюється для кожного виду тварин, його віку зовнішніх умов) |
| ІЧ - опромінювачі для обгріву насіння матеріалу | Поверхня сім'ян Вся маса | Температура в імпульсі = $100^{\circ}C$ время дій в імпульсі 1с. Температура глибинного прогріву = $68^{\circ}C$, час прогріву = 10...60с. |

Втаблиці 7.2 приведені значення коефіцієнтів відбиття ρ , пропускання α і поглинання τ для УФ, ІЧ і видимого випромінювання для різних матеріалів. В табл. 15 дано значення коефіцієнтів запасу для опромінювальних установок.

Таблиця 15 Коефіцієнти відбиття ρ_a , пропускання α і поглинання τ для деяких матеріалів в різних областях спектрів.

| Матеріал | Область | Коефіцієнт, % | | |
|------------------------------|---------|---------------|----------|---------|
| | | ρ | α | τ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Сталь, залізо | УФИ | 15...30 | 70...85 | - |
| | ВИ | 20...50 | 50...80 | - |
| | ИКИ | 70...90 | 10...30 | - |
| Побілена поверхня | УФИ | 45...55 | 45...55 | - |
| | ВИ | 65...75 | 35...25 | - |
| | ИКИ | 75...85 | 15...25 | - |
| Шар води товщиною 10см | УФИ | 2...5 | 20...70 | 35...75 |
| | ВИ | 2...5 | 30...50 | 50...65 |
| | ИКИ | 5...7 | 70...90 | 3...10 |
| Фарба масляна | УФИ | 10...15 | 85...90 | - |
| | ВИ | 20...35 | 80...65 | - |
| | ИКИ | 15...25 | 75...85 | - |
| Емаль біла | УФИ | 0...50 | 50...100 | - |

| | | | | |
|----------------------------|-----|---------|---------|---|
| світлотехнічна Алюміній | ВИ | 70...90 | 10...30 | - |
| | ИКИ | 20...50 | 50...80 | - |
| | УФИ | 75...85 | 15...25 | - |
| | ВИ | 80...87 | 13...20 | - |
| | ИКИ | 85...88 | 12...15 | - |

Таблиця 7.3

Середні значення коефіцієнту запасу для опромінювальних установок.

| Зона випромінення | Джерело випромінення | Коефіцієнт запасу при серидовищі | | |
|-------------------|----------------------|----------------------------------|-------------|--------|
| | | Нормальному | Запиленному | Пильні |
| УФИ | ЛН | - | - | - |
| | РЛ | 1,8 | 2,2 | 3,0 |
| ВВ | ЛН | 1,3 | 1,5 | 1,7 |
| | РЛ | 1,5 | 1,7 | 2,0 |
| ІЧФ | ЛН | 1,1 | 1,25 | 1,4 |
| | РЛ | - | - | - |

Для розрахунку опромінювальних установок застосовуються стандартні методи розрахунку з деякими доповненнями.

Метод коефіцієнту використання потоку випромінення опромінюючої установки застосовується для площ з невеликою нерівномірністю опромінення ($z \leq 2$) розрахунок проводиться для середньої освітленості:

$$E = \frac{\Phi_l \cdot N \cdot H'}{A_p \cdot K_k} \quad (7.4)$$

де Φ_l - потік лампи в ефективних одиницях;

N - число ламп в Обу;

A_p - розрахункова площа опромінювання, m^2 ;

$H'_{обу}$ - коефіцієнт використання світлового потоку, скоректовані формулою (56) для приміщення, коефіцієнти відбиття якого приймаються рівними нулю.

Точковий метод розрахунку опромінювальних установок приймається для розрахунку опроміненності в контрольних точках відомими світлотехнічними прийомами з відповідним переведенням світлових одиниць в одиниці опроміненності по формулах пропорційності з врахуванням зміни ККД світильника в різних спектральних діапазонах.

Основна формула для розрахунку :

(7.5)

де E - іскома опроміненність в ефективних одиницях, $Вт.м^{-2}$;

Φ_l - ефективний потік ламп, $Вт$;

K - поправка по формулі (56)

K_z - коефіцієнт запасу;

ψ - поправка для похилої площини;

$$l = \frac{I \alpha \cos^3 \alpha}{h^2 \rho} - \text{умовна освітленість, лк.}$$

Характеристика УФ - випромінювачів приведені в табл.16 дані характеристики ІЧ - випромінювачів.

Таблиця 7.3
Характеристики УФ - джерел випромінювання

| Тип лампи | Потужність, Вт | Напруга, В | Струм, А | Діапазон активного опромінення, Нм | Потік, лм | Потоки | | |
|-----------|----------------|------------|----------|------------------------------------|-----------|---------------|---------------|-------------------|
| | | | | | | Світловий, лм | Вітальний, вт | Бактерицидний, бк |
| ЛБ-15 | 15 | 50 | 0,33 | 254 | 2,5 | 60 | 0,01 | 2,5 |
| ДБ-30-1 | 30 | 108 | 0,36 | 254 | 6,6 | 140 | 0,04 | 6,6 |
| ДБ-60 | 60 | 108 | 0,7 | 254 | 8,0 | 180 | 0,04 | 8,0 |
| ДБ-8-04 | 8 | 55 | 0,17 | 254 | 3,0 | - | - | 3,0 |
| ЛЄ-15×ЛЧ | 15 | 54 | 0,33 | 280...400 | - | 40 | 0,3 | 0,055 |
| ЛЄ-30×ЛЧ | 30 | 104 | 0,34 | 280...400 | - | 110 | 0,74 | 0,125 |
| ЛЄР-30 | 30 | 104 | 0,36 | 280...400 | - | 90 | 1,35 | 0,105 |
| ЛЄР-40 | 40 | 103 | 0,43 | 280...400 | - | 130 | 1,6 | 0,150 |
| ЛУФЩ-4 | 4 | 30 | 0,15 | 300...400 | 0,025 | - | - | - |
| ЛЄО-15 | 15 | 54 | 0,33 | 280...600 | - | 650 | 0,11 | - |
| ЛЄО-30 | 30 | 104 | 0,36 | 280...600 | - | 1350 | 0,27 | - |
| ЛЄО-40 | 40 | 103 | 0,43 | 280...600 | - | 1850 | 0,37 | - |
| ДРВД-160 | 160 | 220 | 0,8 | 280...600 | 70-75 | 1600 | 0,35 | - |
| ДРВД-250 | 250 | 220 | 1,25 | 180.2000 | 100..120 | 3250 | 0,60 | - |
| ДРТ-230 | 230 | 70 | 3,8 | 240...450 | 22...24 | 4800 | 3,0 | 6,7 |
| ДРТ-400 | 400 | 135 | 3,25 | 240...450 | 37...39 | 8000 | 4,75 | 10,5 |
| ДРТ-1000 | 1000 | 145 | 7,5 | 240...450 | 125..128 | 16000 | 16,5 | 39,5 |

Таблиця 7.4
Характеристики джерел ІЧ - випромінювання

| Тип джерел | Характеристики | | |
|-----------------|----------------|------------------|--------------|
| | Потужність, Вт | Срок служби, рік | Габарити, мм |
| ИКЗК-220-250 | 250 | 6 | 130×195 |
| ИКЗС-220-250-1 | 250 | 6 | 130×195 |
| ИКЗ -220-25 | 250 | 6 | 130×215 |
| ИКЗ -220-250-1 | 500 | 6 | 180×215 |
| ИКЗ -220-250 | 500 | 6 | 180×267 |
| КГТД-220-400-1 | 400 | 3 | 9×280 |
| КГТД-220-600 | 600 | 2 | 12×500 |
| КГТ -220-1000 | 1000 | 10 | 12×375 |
| КГТД-220-1000-1 | 1000 | 2 | 12×375 |
| КГТ -220-2000 | 2000 | 5 | 12× 500 |
| ТЄН -220-15 | 500 | 10 | 13,5×1584 |
| ТЄН -21 | 800 | 10 | 13,5×1742 |

7.2. Приклади розрахунку бактерицидних установок.

Методика розрахунку бактерицидних установок для обеззараження води заключається в виконанні слідуєчих основних операцій:

1. Визначають потрібний розхід води:

$$Q = \frac{qnK_{CTY}K_u}{3600 \cdot \tau_{CTY}} \quad (7.6)$$

де q - добова норма водопостачання на одну голову, $л$;

n - кількість голів;

K_{CTY} і K_u - коефіцієнти добової і часової нерівномірності і споживання води;

τ_{CTY} - число годин в добу, $ч$.

2. Вибирають конструкцію установки і джерело випромінювання.

По довідниковим даним встановлюють: потужність лампи $P_{л}$; бактерицидний потік Φ_0 ; діаметр лампи $d_{л}$, довжину лампи $l_{л}$. Визначають зовнішній діаметр чохлаю, в який встановлюється лампа, d (рис.20).

3. Задаються швидкістю руху води V і визначають живий переріз трубопроводу:

(7.7)

де V - швидкість руху води, $м.с^{-1}$.

Таблиця 7.6
Величина коефіцієнту поглинання деяких середовищ.

| Середовище | Джерело | $см^{-1}$ |
|------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------|
| Вода (ГОСТ 2874-82) | Струмок, колодець з доброю фільтрацією води. | 0,15 |
| | Артезіанські колодязі, глибокі горизонти. | 0,10 |
| Повітря | Поверхнєве джерело | 0,20...0,30 |
| | Нормальне середовище | / 0,5...0,7 / $\cdot 10^{-3}$ |
| | Земляне середовище | / 2,0...5,0 / $\cdot 10^{-3}$ |

4. Визначають внутрішній діаметр трубопроводу:

$$D = \sqrt{\frac{4\omega + \pi d^2}{\pi}} \quad (7.8)$$

По довіднику уточнюють стандартний переріз трубопроводу $D_{ст}$.

Таблиця 7.7
Рекомендовані значення коефіцієнту запасу для опромінювачів з лампою ДРТ в залежності від тривалості експлуатацій.

| Тривалість горіння, $рік$ | Коефіцієнт запасу, $K_з$ | Тривалість горіння, $рік$ | Коефіцієнт запасу, $K_з$ |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 0 | 1,0 | 600 | 1,82 |
| 100 | 1,25 | 1000 | 2,0 |

| | | | |
|-----|------|------|------|
| 200 | 1,45 | 1500 | 2,2 |
| 400 | 1,67 | 2000 | 2,26 |

5. Визначають глибину потоку води:

$$h = D_{cmy} - d \quad (7.9)$$

6. Обчислюють коефіцієнт пропускання води α_δ з врахуванням поглинання a (табл.7.5).

$$\alpha_\delta = 1 - e^{-ah} \quad (7.10)$$

7. Задаються додатковими даними: величиною коефіцієнта запасу K_z (табл.19), по довіднику (табл.13) встановлюють необхідну дозу кількості бактерій до опромінення $B=3шт.л^{-1}$ (встановлюється нормами). Визначаються (задаються) коефіцієнтом використання потоку I_{oy} .

8. Визначаємо число ламп в установці:

$$N = \frac{QaK_z n_\delta I_n \frac{B}{B_0}}{\Phi_{л.б} L_\delta H'_{oy}} \quad (7.11)$$

9. Визначають загальну потужність УФ – установки:

$$P_{yct} = K_{npa} \cdot N' \cdot P_\lambda \quad (7.12)$$

де K_{npa} – коефіцієнт, що враховує втрати в ПРА (значення K_{npa} лежить в межах від 1,15 до 1,3 в залежності від потужності ламп і схеми вмикання).

10. Визначають затрати електроренергії на дизінфекцію $1 м^3$ води:

$$W = \frac{P_{yct} \cdot 1000}{Q \cdot 3600} \quad (7.13)$$

Приклад 1.

Провести розрахунок опромінювальної установки для обеззараження води для тваринницького комплексу ВРХ на 600 голів, якщо відомо, що одна тварина споживає 100л води, коефіцієнти добової і годинної нерівномірності споживання відповідно, рівні:

$$K_{доб} = 1,3; K_{год.} = 2,5$$

Вконання:

1.Визначаємо потрібний розхід води:

$$Q = \frac{q \cdot n \cdot K_{cmy} K_z}{3600 \cdot \tau_{yct}} = \frac{100 \cdot 600 \cdot 1,3 \cdot 2,5}{3600 \cdot 24} = 1,8 л. c^{-1} \quad (7.14)$$

2.Вибираємо заглиблену конструкцію опромінювальної установки з лампою ДБ-30, що має: $P_\lambda = 30 Вт$, $\Phi_\delta = 6,0 бк$; $c_\lambda = 30 мм$; $= 895 мм$ (рис.20). _варцовой робочу довжину лампи $l_{np} = 700 мм$, зовнішній діаметр _варцового чохла $d = 40 мм$, товщина кварцевого чохла 5 мм.

3. Задаємось швидкістю руху води $V = 3 м. c^{-1}$ і визначаємо живий переріз:

$$\omega = \frac{Q}{V} = \frac{18}{3} = 0,6 дм \quad (7.15)$$

4. Обчислюємо внутрішній діаметр трубопроводу:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,6 + \pi (0,4)^2}{\pi}} = 0,96 дм \quad (7.16)$$

Приймаємо найближчий переріз трубопроводу $D_{cm} = 100 мм$.

5. Обчислюємо глибину потоку води:

$$h = 10.0 - 4.0 = 6.0 \text{ см}$$

6. Визначаємо коефіцієнт пропускання бактерицидного випромінювання d_6 з врахуванням, що $a = 0,25$ (табл.18):

$$\alpha_6 = 1 - e - 0,25 \cdot 6,0 = 0,777 \quad (7.17)$$

7. Задаємося: $K_3 = 2,2$ (варц.15); $H_6 = 2,4 \text{ бк/см}^2$, для бактерій коли (табл.13), $B_0 = 1000 \text{ шт.л}^{-1}$; $B = 3 \text{ шт.л}^{-1}$. Коефіцієнт використання бактерицидного потоку ($I_{oy}^I = 0,9$) визначається, тільки втратами випромінювання в кварцевому повітрі:

8. Визначаємо потрібну кількість ламп:

$$N = \frac{1800 \cdot 0,25 - 2,2 \cdot 2,4 \ln \frac{3}{100}}{6000 \cdot 0,777 \cdot 0,9} = 3,9 \text{ шт} \quad (7.18)$$

Округляємо до 4 шт. Лінійні розміри взяті в сантиметрах, ефективний потік - в мілібактах.

9. Визначаємо потужність УФ - установки :

$$P_{\text{ум}} = 1,20 \cdot 4 \cdot 30 = 144 \text{ Вт} \quad (7.19)$$

10. Затрати електроенергії:

$$W = \frac{0,144 \cdot 1000}{1,8 \cdot 3600} = 0,022 \text{ кВт ч м}^2 \quad (7.20)$$

Приклад 2.

Розрахувати установку з незаглибленими джерелами бактерицидного випромінювання для обеззараження води з поверхневого джерела при розході води $Q = 15 \text{ м}^3, \text{с}^{-1}$. Максимальний вміст бактерій в 1л води дорівнює 1000 шт/л . В якості відбивача використовується листовий алюміній з обробленою поверхнею (рис.21)

Виконання.

1. Приймаємо, що кількість бактерій після опромінення $B = 1$, коефіцієнту опору бактерій $K = 2500 \text{ мкб.см}^{-2}$. По табл.18 приймаємо $\alpha = 0,2 \text{ см}^{-2}$, коефіцієнт послаблення потоку в воді $\eta_6 = 0,9$.

2. Вибираємо в якості джерела випромінювання лампу ДБ-15 (табл.16) з бактерицидним потоком $\Phi_{\text{лб}} = 2,5 \text{ бк}$.

3. Приймаємо коефіцієнт відбиття відбивача $\rho_6 = 0,6$ (табл.15) і кут подочі випромінювання $\alpha_{\text{отр}} = 180^\circ$.

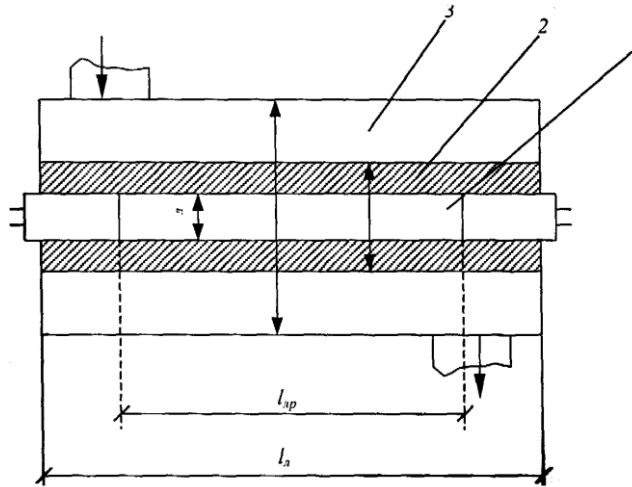
4. Визначаємо коефіцієнт використання бактерицидного потоку ламп.

$$H = \frac{\alpha_{\text{отр}} + \rho_6 (360 - \alpha_{\text{отр}})}{360} = \frac{180 + 0,6(360 - 180)}{360} = 0,8 \quad (7.21)$$

де $\alpha_{\text{отр}}$ - центральний кут в градусах між прямими, що з'єднують джерело і ближні краї відбивача (для обеззараживаючої установки з однією лампою цей кут лежить в межах від 120° до 150° . В установках з декількома лампами 180°).

ρ_6 - коефіцієнт відбиття бактерицидного потоку поверхня відбивача установки.

До розрахунку занурювальної установки обеззаражування води



- 1 - лампа,
2 - чохол,
3 - труба.

Рис.7.1

5. Визначаємо необхідний бактерецидний потік джерел випромінювання:

$$\Phi_{\sigma} = \frac{a \cdot \alpha \cdot K_{\sigma} l q \frac{B}{B_0}}{1563,4 \cdot H \cdot \eta_{\sigma}} = \frac{15 \cdot 0,2 \cdot 2500 l q 0,001}{1563,4 \cdot 0,8 \cdot 0,9} = 20 \text{ бк} \quad (7.22)$$

де η_{σ} - коефіцієнт використання бактерецидного потоку ламп в шарі води товщиною

6. Визначаємо необхідне число ламп.

$$N = \frac{\Phi_{\sigma}}{\Phi_{\sigma n}} = \frac{20}{2,5} = 8 \text{ шт} \quad (7.23)$$

7. Відповідно товщина шару води.

$$h = -l q (1 - \eta_l) / L l q v - l q (1 - 0,9) / (0,2 \cdot 0,433) = 11,5 \text{ см} \quad (7.24)$$

8. Загальна ширина установки приймається близько до довжини ламп ДБ-15, $v_0 = 45$ см. Швидкість руху води в лотках, необхідна для доброго переміщення повинна бути не менш $0,2 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$.

9. Визначаємо ширину одного лотка:

$$v_1 = \frac{Q}{3600 \cdot h \cdot V} = \frac{15}{3600 \cdot 0,115 \cdot 0,25} = 0,145 \text{ м} \quad (7.25)$$

10. Число лотків в установці.

$$n_{\text{лот}} = \frac{v_0}{v_1} = \frac{0,45}{0,145} = 3,1 \quad (7.26)$$

Приймаємо $n_{\text{лот}} = 3$, тобто вся ширина ємкості з водою буде розділена двома перегородками на три частини.

11. Остаточна ширина одного лотка $v_l = 0,15 \text{ м}$, тоді швидкість води:

$$V = \frac{15}{0,115 \cdot 0,15 \cdot 3600} = 0,242 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1} \quad (7.27)$$

12. Відстань між лампами визначимо рівною $l_n = 12 \text{ см}$, тоді загальна довжина корпуса буде.

$$L \cdot N \cdot l_n = 8 \cdot 12 = 96 \text{ см} \quad (7.28)$$

Приклад 3.

Провести розрахунок для обеззараження води, яка містить 6 ламп типу ДБ-60. Визначити потрібну кількість таких установок для обеззараження води з відкритого водойому, що містить 1000 мікробних тіл на 1 л, при розході = 17 л. C^{-1} .

Виконання:

1. Вибираємо: $B = 1$, коефіцієнт опору бактерій $K_b = 2500$ $мкб.с.см^{-2}$. Коефіцієнт $\alpha = 0,25$ $см^{-1}$, коефіцієнт послаблення випромінювання в кварцевому чохлі приймаємо $\eta_6 = 0,9$, коефіцієнт використання такцерицидного потоку ламп $N = 0,9$. Бактерецидний потік ламп $\Phi_{б.л.} = 8$ $бк$.

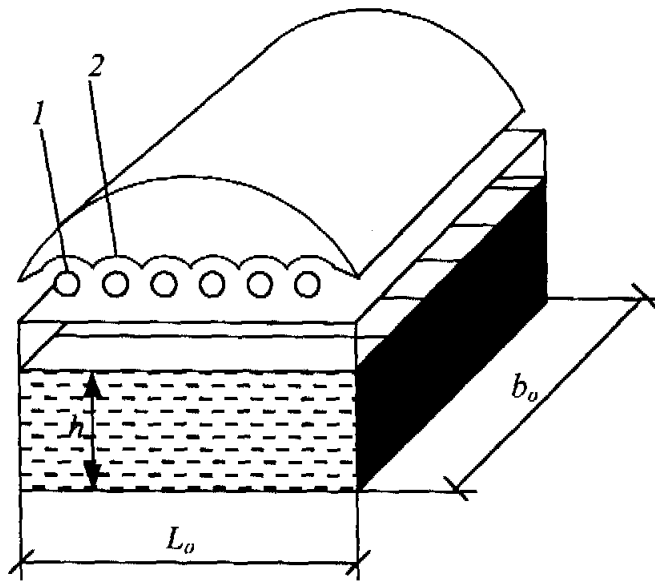
Враховуючи вищеподане, продуктивність установки:

$$Q = -1563,4 \cdot \Phi_{б.л.} \cdot N \cdot \frac{h}{\alpha} \cdot K_b \cdot lq \left(\frac{B}{B_0} \right) = - \frac{1563,4 \cdot 8 \cdot 6 \cdot 0,9 \cdot 0,9}{0,25 \cdot 2500 \cdot lq 0,001} = 32,42 \text{ м}^3 \cdot \text{з}^{-1} \quad (7.29)$$

2. Визначаємо необхідну кількість установок:

$$h = \frac{Q}{Q_1} = \frac{17 \cdot 3600}{32,42 \cdot 103} = 1,89 \text{ ум} \quad (7.30)$$

До розрахунку поверхні опромінюючої установки для обеззараження води.



1 - лампи ; 2 - відбивач.

Рис. 7.2

Приймаємо дві установки.

Приклад 4.

Провести розрахунок установки для обеззараження приміщення ветеринарного пункту розміром $4 \times 4 \text{ м}^2$, висотою $h = 3,0 \text{ м}$, лампою ДБ-30 з потоком випромінювання $\Phi_{лб} = 6$ $бк$.

Виконання.

1. Попередньо рахуємо, що лампа встановлена в центрі приміщення на висоті $h_p = 2,2$ м. При цьому відстань до крайнього кута кімнати складає $h = 3,6$ м.
2. Припускаємо, що обеззараження повітря в найбільш віддаленому місці забезпечить обеззараження повітря всієї кімнати. Лампа встановлюється без арматури і має рівномірний світлорозподіл.
3. Сила випромінювання лампи:

$$I_{\text{об}} = \frac{\Phi_{\text{лб}}}{\pi^2} = \frac{6}{\pi^2} = 0,61 \text{ бк} \cdot \text{ср}^{-1} \quad (7.30)$$

4. Коефіцієнт пропускання повітря:

$$\tau_{\text{бк}} = l^{-ah} = l^{-0,6 \cdot 10 \cdot 3360} = l^{-0,216} = 0,806 \quad (7.31)$$

5. Сила випромінювання лампи, скоректована з врахуванням випромінювання в повітрі:

$$I_{\text{бк}} = I_{\text{ол}} \cdot \tau_{\text{бк}} = 0,61 \cdot 0,806 = 0,49 \text{ бк} \cdot \text{ср}^{-1} \quad (7.32)$$

6. Визначаємо опроміненість в найбільш віддаленій точці:

$$E_{\text{min}} = \frac{I_{\text{бк}}}{h^2} = \frac{0,49 \cdot 10^6}{(3,6 \cdot 100)^2} = 3,78 \text{ мкбк} \cdot \text{с} \cdot \text{см}^{-2} \quad (7.33)$$

7. Приймаємо $B/B_0 = 1/1000$, $K_3 = 2,2$, $H_{\text{б}} = 4100 \text{ мкбн.е.см}^{-2}$ (для стафілококу), тоді час опромінення складає:

$$\tau = \frac{K_3 \cdot H_{\text{б}} \cdot \ln \frac{B}{B_0}}{E_{\text{min}}} = \frac{2,2 \cdot 4100 \cdot 6,9}{3,78 \cdot 3600} = 4,57 \text{ з} \quad (7.34)$$

Тривалість роботи установки приймаємо рівною 4 ; і 35 хвилин.

Приклад 5.

Розрахувати установку для обеззараження повітря в вентиляційній камері перерізом $3,3\% \text{ з м}^2$, висотою 5 м з розходом повітря $36000 \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ $Q = 10 \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$.

Виконання

1. Визначаємо коефіцієнт поглинання для $10,7 \cdot 10^{-3} \text{ см}^{-1}$ і $h = 5,0 \text{ м}$;
2. Приймаємо лампи ДБ-30;
3. Визначаємо необхідну кількість ламп;

$$N = \frac{Q \cdot a \cdot K_3 \cdot H_{\text{б}} \cdot lq \frac{B}{B_0}}{\Phi_{\text{б}} \cdot \alpha_{\text{бю}} H'_{\text{б}}} = \frac{10^7 \cdot 0,7 \cdot 10^{-3} \cdot 2,2 \cdot 2,4 \cdot 4,46}{6000 \cdot 0,3 \cdot 0,1} = 0,5 \text{ шт} \quad (7.35)$$

4. Враховуючи величину кількість ламп, що призведе до високої вартості експлуатаційних розходів, змінимо тип лампи. Візьмемо лампу ДРТ-1000 з потоком випромінювання ;

$$N = \frac{10^7 \cdot 0,7 \cdot 10^{-3} \cdot 2,2 \cdot 2,4 \cdot 4,46}{39500 \cdot 0,3 \cdot 1,0} \approx 14 \text{ шт} \quad (7.36)$$

8. РОЗРАХУНОК РУХОМИХ ОПРОМІНЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК.

Загальні положення.

Розрахунок рухомих УФ-опромінювальних установок, в яких використовуються у якості випромінювання лампи високого тиску типу ДРТ, мають парабоциплічний відбивач. Основні формули для визначення опроміненості.

Для плоского об'єкту:

$$E_{\text{пл}} = I_{\text{с\alpha}} \cos^3 \alpha$$

$$hp = \left[0,5 I_{\text{с.о.}} K_3 \left(\alpha_k \frac{\pi}{90^t} + \sin \alpha_k \right) \right] \cdot \frac{n}{AB \cdot V} \quad (8.1)$$

де hp - висота переміщення опромінювача над об'єктом;

α_k - найбільше значення кута між напрямком потоку від джерел, град;
 n - число проходів опромінювача над об'єктом;
 AB - дози опромінення об'єкту, $mBt.ч.м^{-2}$;
 V - швидкість переміщення опромінювачів, $м.ч^{-1}$.

Для сферичного об'єкту:

$$E_{сф} = 0,5I_{\text{в.о.}} \cos^2 \frac{\alpha}{h^2} \quad (8.2)$$

$$h = \frac{(I_{\text{в.о.}} K_3 \sin^2 K) \cdot n}{AB \cdot V} \quad (8.3)$$

– для циліндричного об'єкта, вісь якого перпендикулярна напрямку сили випромінювання:

$$E_y = 0,64I_{\text{в.о.}} \cos^2 \frac{\alpha}{h^2 p} \quad (8.4)$$

До розрахунку опроміненості від рухомої УФ-опромінювальної установки.

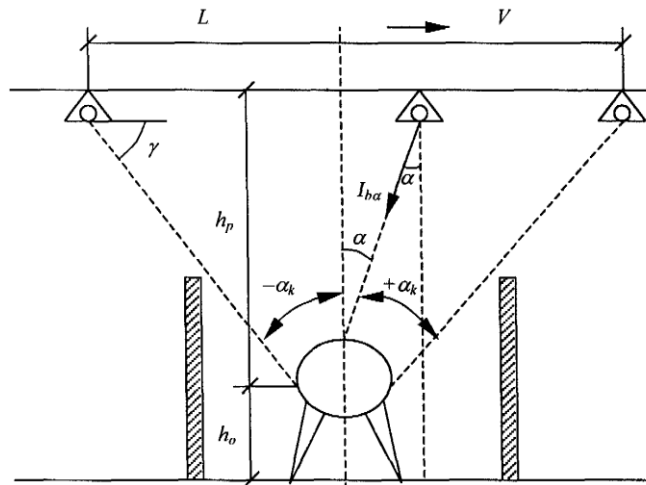


Рис. 24

$$hp = (1,28I_{\text{в.о.}} K_3 \cdot \sin \alpha k) \frac{n}{ABV} \quad (8.5)$$

для циліндричного об'єкта, вісь якого паралельна напрямку сили випромінювача:

$$E_{сф} = 0,64I_{\text{в.о.}} \cos^3 \frac{\alpha}{h^2 p} \quad (8.6)$$

$$hp = \left[0,28I_{\alpha} \Theta K_3 \left(\frac{\pi \alpha k}{90^\circ} + \sin \alpha k \right) \right] I \frac{n}{ABV} \quad (8.7)$$

Довжина кроку опромінювача:

$$L = \frac{a}{n} - 0,58hp \quad (8.8)$$

де a – довжина приміщення, $м$;

n - число опромінювачів в одному ряді;

Висота підвісу опромінювачів над підлогою

$$r_0 = \frac{A_{\text{об'єкту}} E_{\text{сф}}}{\pi n h} \quad (8.9)$$

де h_o - висота, на якій знаходиться центр тіла тварини над підлогою, м.

Середня опроміненість, $mBm.m_2$, для плоскогоризонтальних, сферичних і циліндричних об'єктів відповідно:

$$E_{nl.cp} = \frac{2I_{u.o.} \cos \alpha k}{(hp \cdot K_3) \sqrt{l^2 + 4h^2 p}} \quad (8.10)$$

$$E_{cf.cp} = \frac{I_{e.o.}}{(K_3 hp \sqrt{l^2 + 4h^2 p})} \quad (8.11)$$

$$E_{u.cp} = \frac{1,28 \cdot I_{e.o.}}{(K_3 hp \cdot \sqrt{l^2 + 4h^2 p})} \quad (8.12)$$

$$E_{u.cp} = \frac{1,28 \cdot I_{e.o} \cos \alpha k}{K_3 hp \sqrt{l^2 p + 4h^2 p}} \quad (8.13)$$

Опромінювальна установка повинна задовольняти вимоги:

$$z \cdot E_{cp} \leq E_{don} \quad (8.14)$$

де E_{don} – величина допустимої опроміненості;

Z – коефіцієнт мінімальної опроміненості.

Тривалість опромінення в кінці строку служби джерела вітального випромінювання, рік:

$$t = \frac{Ae}{E_{cp}} + et_{paz} \quad (8.15)$$

де e – коефіцієнт, що враховує відмінність ефективного потоку лампи в процесі розгорнення від потоку робочої лампи ($e = 0,35 \dots 0,7$).

t_{paz} - час повного розгорання лампи ($t = 5 \dots 10$ хв в залежності від умов оточуючого середовища), рік.

Час роботи, рік опромінювальної установки на протязі доби;

$$t = t_1 h = \frac{Ln}{V} \quad (8.16)$$

де t_1 – час повного проходу одного опромінювача, рік.

Потік випромінювання опромінювача і сила випромінювання зв'язані між собою:

$$\Phi_{yfl} = \frac{\sqrt{45 \alpha k} \cdot \pi^2 I_{e.o.}}{[(90^\circ - \gamma) + (90^\circ + \gamma) \cdot \rho]} \quad (8.17)$$

де Φ_{yfl} – потік УФ- випромінювання лампи;

$I_{e.o.}$ – осьова сила випромінювання лампи;

γ - захисний кут опромінювача;

ρ - коефіцієнт відбиття матеріалу, з якого зроблений відбивач (табл.).

При розрахунках приймають, що:

$$\alpha k + \gamma = 90^\circ \quad (8.18)$$

В реальних умовах можлива екрануюча дія відбивачів, тобто :

$$\alpha k < 90^\circ - \gamma \quad (8.19)$$

або

$$\alpha k > 90^\circ - \gamma \quad (8.20)$$

Для випадку, коли $\alpha k < 90^\circ - \gamma$ в формулу () підставляють $\varphi = 90^\circ - \alpha k$

В таблиці приведені сили вітального випромінювача деяких джерел.

Таблиця 8.1
Сила вітального випромінювання

| Тип лампи | ДРТ-1000 | ДРТ-400 | ДРТ-230 | ЛЄ-30-1 | ЛЄ-15 |
|------------------------------|----------|---------|---------|---------|-------|
| $I_{B,O}, \text{вт.ср}^{-1}$ | 3,0 | 0,95 | 0,56 | 0,06 | 0,03 |

Приклад .

Розрахувати опромінювальну установку для корівника на 100 голів розміром $12 \times 62 \text{ м}^2$, висотою конька $h_k = 5 \text{ м}$ при висоті стін $H_c = 3,0 \text{ м}$. Корови знаходяться в стійлах розмірами $1,2 \times 2 \text{ м}^2$. Опромінювач має конусний світлорозподіл, при дозі опромінювання $A_e = 270 \text{ мВтч.м}^{-2}$. Швидкість установки УО-4, $V = 18 \text{ м.ч}^{-1}$.

Виконання .

1. Приймаємо число проходів над тваринами: $n = 2$
2. По справочному визначаємо Φ_n ; в установці використовується лампа ДРТ-400. Її потік випромінювання: $\Phi_n = 4750 \text{ мВт}$.
3. Коефіцієнт відбиття $\rho = 0,4$.
4. Визначаємо силу випромінювання:

$$I_{e,o} = \frac{4,75[(90 - 30) + (90 + 30)0,4]}{(3,14)^2 \sqrt{45 \cdot 60}} = 1 \text{ вт.ср}^{-1} \quad (8.19)$$

5. Визначаємо висоту підвісу опромінювачів над коровами, беручи корову об'єктом у вигляді циліндру.

$$h = (1,28 \cdot I_{e,o} K_3 \sin \alpha k) \frac{n}{A_e V} = \frac{(1,28 \cdot 1 \cdot 2,26 \cdot \sin 60) \cdot 2}{0,27 \cdot 18} = 1,03 \text{ м} \quad (8.20)$$

6. Висота підвісу опромінювача над тваринами з врахуванням росту корів (ріст тварин $h_{nc} = 1,35 \dots 1,5 \text{ м}$):

$$h_{нод} = 1,35 + 1,03 = 2,38 \text{ м} \quad (8.21)$$

7. В установці нараховується 4 опромінювача, кожний з яких обслуговує j частину приміщення (по 2 на ряд). Відповідно довжина ділянки, що опромінюється:

$$\eta = \frac{a}{N} - 0,58h \frac{62}{2} - 0,58 \cdot 1,03 = 30,4 \text{ м} \quad (8.22)$$

де $a = 62 \text{ м}$ - довжина приміщення.

8. Визначаємо середню опроміненість :

$$E_{cp} = \frac{(1,28 \cdot 1)}{(2,26 \cdot 1,03) \sqrt{(3,57)^2 + 4(1,03)^2}} = 133,5 \text{ мвт.м}^{-2} \quad (8.23)$$

9. Приймаємо $z = 1,34$; $E_{дон} = 930 \text{ мвт.м}^{-2}$ (табл.):

$$K_3 \cdot z \cdot E_{cp} < E_{дон} \quad (8.24)$$

$$2,26 \cdot 1,34 \cdot 133,5 = 404,3 < E_{дон} = 930 \text{ мвт.м}^{-2}$$

Нерівність виконується.

10. Визначаємо тривалість опромінювання однієї тварини в кінці строку служби ламп:

$$t = \frac{270}{301,5} + 0,7 \cdot 0,1 = 0,96z \quad (8.25)$$

11. Час роботи опромінювальної установки за добу складає:

$$t_{\text{сум}} = \frac{(30,4 \cdot 2)}{18} = 3,4 \text{ з} \quad (8.26)$$

Таблиця 8.2
Добові дози Уф - опромінення сільськогосподарських тварин

| Вид і вікова група тварин | Добова доза опромінення <i>мвіт.ч.м⁻²</i> | Допустима нерівномірність | Допустима опроміненість, <i>мвіт.м⁻²</i> |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------|
| Корови і бики | 270...90 | 1,34 | 930 |
| Телиці і телята | 180...210 | 1,35 | 650 |
| Телята старші 6 міс. | 160...180 | 1,28 | 570 |
| Телята до 6 міс. | 120...140 | 1,36 | 430 |
| Вівцематки | 245...260 | 1,30 | 440 |
| Ягнята до відбиття | 220...240 | 1,27 | 480 |
| Свині на відгодівлі і свиноматки | 80...90 | 1,70 | 250 |
| Поросята- віднімні | 60...80 | 1,76 | 230 |
| Поросята- сосуни | 20...25 | 1,50 | 83 |
| Курчата при утриманні: | | | |
| в штампованих клітках | 40...50 | 1,57 | 150 |
| в сітчатих клітках | 20...25 | 1,57 | 75 |
| на підлозі | 15...20 | 1,76 | 58 |
| Кури несучки при утриманні : | | | |
| в клітках | 20...25 | 1,57 | 75 |
| на підлозі | 40...50 | 1,57 | 150 |

Навчальне видання

**ЕЛЕКТРИЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ ТА ОПРОМІНЕННЯ
(II ЧАСТИНА)**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ПРАКТИЧНИХ РОБІТ
З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЇ ТА ЕЛЕКТРООСВІТЛЕННЯ»

для студентів навчально-наукового інституту енергетики
та комп'ютерних технологій

Відповідальний за випуск А. В. Левкін

Підписано до друку

Комп'ютерний набір та верстка Торбієвська І. В.

Формат паперу 87х124 1/32.2,95 умов, друк аркуш 3,00 умов. фарб,

від б. 2,99 обл.- вид. арк.

Наклад 500 пр.

Замовлення № 52 Різограф ІХ 1510 №80654645

ХНТУСГ, 61002, м. Харків, вуля Артема 44, ймн. 101.

Підготовлено та надруковано Навчально-методичним відділом
Харківський національний технічний університет
сізьського господарства імені Петра Василенка