

ЛЕКЦІЯ 7

ПРОЄКТУВАННЯ ВИРОБНИЧЕ ОСВІТЛЕННЯ

1. ОСНОВНІ СВІЛОТЕХНІЧНІ ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

1. *Світловий потік* (Φ) – це потужність світлового видимого випромінювання, що оцінюється оком людини за світловим відчуттям. Одиницею світлового потоку є *люмен* (*лм*) – світловий потік від еталонного точкового джерела в одну канделу (міжнародну свічку), розташованого у вершині тілесного кута в 1 стерадіан.

2. *Сила світла* (I) – це величина, що визначається відношенням світлового потоку (Φ) до тілесного кута (ω), в межах якого світловий потік рівномірно розподіляється. Одиницею сили світла є *кандела* (*кд*) – сила світла точкового джерела, що випромінює світловий потік в 1 лм, який рівномірно розподіляється всередині тілесного кута в 1 стерадіан.

3. *Освітленість* (E_v) – відношення світлового потоку (Φ), що падає на елемент поверхні, до площі цього елемента (S). Одиницею освітленості є *люкс* (*лк*) – рівень освітленості поверхні площею 1 м², на яку падає рівномірно розподіляючись, світловий потік в 1 люмен.

4. *Яскравість* (B) – відношення сили світла (I), що випромінюється елементом поверхні в даному напрямку, до площі поверхні, яка світиться. Одиницею яскравості є *нит* (*нт*) – яскравість поверхні, що світиться і від якої в перпендикулярному напрямку випромінюється світло силою в 1 канделу з 1 м².

5. *Робоча поверхня* – поверхня, на якій проводиться робота і на якій нормується чи вимірюється освітленість.

6. *Умовна робоча поверхня* – умовно прийнята горизонтальна поверхня, що розміщена на висоті 0,8 м від підлоги.

7. *Об'єкт розпізнавання* – предмет, що розглядається, окрема його частина чи дефект, які необхідно розпізнавати в процесі роботи.

8. *Коефіцієнт відбиття поверхні* (ρ) – відношення світлового потоку, відбитого від поверхні, до світлового потоку, що падає на неї.

9. *Фон* – поверхня, що прилягає безпосередньо до об'єкта розпізнавання, на якій він розглядається.

Фон вважається:

- світлим – при $\rho > 0,4$;
- середнім – при $\rho = 0,2 \div 0,4$;
- темним – при $\rho < 0,2$.

10. *Контраст об'єкта розпізнавання з фоном* (K) визначається відношенням абсолютної величини різниці між яскравістю об'єкта і фону до яскра-

вості фону.

Контраст об'єкта з фоном вважається:

- великим – при $K > 0,5$;
- середнім – при $K = 0,2 \div 0,5$;
- малим – при $K < 0,2$.

11. *Блискучість* – підвищена яскравість поверхонь, що погіршує видимість об'єктів.

12. *Робоче освітлення* – освітлення приміщень будівель, а також ділянок відкритих просторів, призначених для роботи, проходу людей і руху транспорту.

13. *Аварійне освітлення* – освітлення для продовження роботи при аварійному відключенні робочого освітлення.

14. *Евакуаційне освітлення* (аварійне освітлення для евакуації) – освітлення для евакуації людей з приміщення при аварійному відключенні робочого освітлення.

15. *Чергове освітлення* – освітлення в неробочий час.

16. *Охоронне освітлення* – освітлення вздовж меж території, що охороняється в нічний час.

17. *Загальне освітлення* – освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення рівномірно (загальне рівномірне освітлення) або стосовно до розташування обладнання (загальне локалізоване освітлення).

18. *Місьцеве освітлення* – освітлення, додаткове до загального, що створюється світильниками, які концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

19. *Комбіноване освітлення* – освітлення, при якому до загального освітлення додається місцеве.

20. *Переносний світильник* – нестационарний освітлювальний прилад з індивідуальним джерелом живлення.

21. *Світлорозподілення світильника* – важлива світлотехнічна характеристика освітлювального приладу, що визначає розподілення його світлового потоку в просторі навколо світильника.

22. *Коефіцієнт запасу (K_3)* – розрахунковий коефіцієнт, що враховує зниження освітленості в процесі експлуатації внаслідок забруднення та старіння джерел світла (ламп) і світильників, а також зниження властивостей відбивання від поверхонь приміщень.

23. *Показник осліпленості (P)* – критерій оцінки сліпучої дії освітлювальної установки, який виражається формулою:

$$P = (S - 1)1000, \quad (3.1)$$

де S – коефіцієнт осліпленості, що дорівнює V_1 / V_2 (де V_1 – видимість об'єкта спостереження при екрануванні блискучих джерел світла; V_2 – видимість об'єкта спостереження при наявності блискучих джерел світла в полі зору).

24. *Коефіцієнт пульсації освітленості K_{Γ} , %* – критерій оцінки відносно: глибини коливань освітленості в результаті зміни в часі світлового потоку газорозрядних ламп при живленні їх змінним струмом, який виражається формулою:

$$K_{II} = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{2E_{\text{сер}}} \cdot 100\% , \quad (3.2)$$

де E_{\max} , E_{\min} , $E_{\text{сер}}$ – відповідно максимальне, мінімальне, середнє значення освітленості за період її коливання, лк.

2. ВИДИ ВИРОБНИЧОГО ОСВІТЛЕННЯ

Залежно від джерела світла виробниче освітлення може бути: природним, що створюється прямими сонячними променями та розсіяним світлом небосхилу штучним, що створюється електричними джерелами світла; суміщеним, при якому недостатнє за нормами природне освітлення доповнюється штучним.

Природне освітлення поділяється на: бокове (одно- або двохстороннє), що здійснюється через світлові отвори (вікна) в зовнішніх стінах; верхнє, здійснюване через ліхтарі та отвори в дахах і перекриттях; комбіноване — поєднання верхнього та бокового освітлення.

Штучне освітлення може бути загальним та комбінованим. Загальним називаються освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення (не нижче 2,5 м над підлогою рівномірно (загальне рівномірне освітлення) або з врахуванням розташування робочих місць (загальне локалізоване освітлення). Комбіноване освітлення складається із загального та місцевого. Його доцільно застосовувати при роботах високої точності, а також, якщо необхідно створити певний або змінний, в процесі роботи, напрямок світла. Місцеве освітлення створюється світильниками, що концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях. Застосовування лише місцевого освітлення не допускається з огляду на безпеку виробничого травматизму та професійних захворювань.

За функціональним призначенням штучне освітлення поділяється на робоче, аварійне, евакуаційне, охоронне, чергове.

Робоче освітлення призначене для забезпечення виробничого процесу, переміщення людей, руху транспорту і є обов'язковим для всіх виробничих приміщень.

Аварійне освітлення використовується для продовження роботи у випадках, коли раптове відключення робочого освітлення, та пов'язане з ним порушення нормального обслуговування обладнання може викликати вибух, пожежу, отруєння людей, порушення технологічного процесу.

Евакуаційне освітлення призначене для забезпечення евакуації людей з приміщень при аварійному відключенні робочого освітлення. Його необхідно, влаштовувати в місцях, небезпечних для проходу людей; в приміщеннях допоміжних будівель, де можуть одночасно знаходитись 100 осіб; в проходах; на сходових клітках; у виробничих приміщеннях, в яких працює більше 50 працівників.

Охоронне освітлення влаштовується вздовж меж території, яка охороняється в нічний час спеціальним персоналом.

Чергове освітлення передбачається у неробочий час, при цьому, як правило використовують частину світильників інших видів штучного освітлення. Класифікація виробничого освітлення приведена на рис. 3.1.

3. ПРИРОДНЕ ОСВІТЛЕННЯ

3.1. НОРМУВАННЯ ПРИРОДНОГО ОСВІТЛЕННЯ

Природне освітлення, як правило, передбачається у всіх приміщеннях з постійним перебуванням людей. Без природного освітлення допускається проектування приміщень, що визначені відповідними "Будівельними нормами та правилами" (СНиП II-4-79).

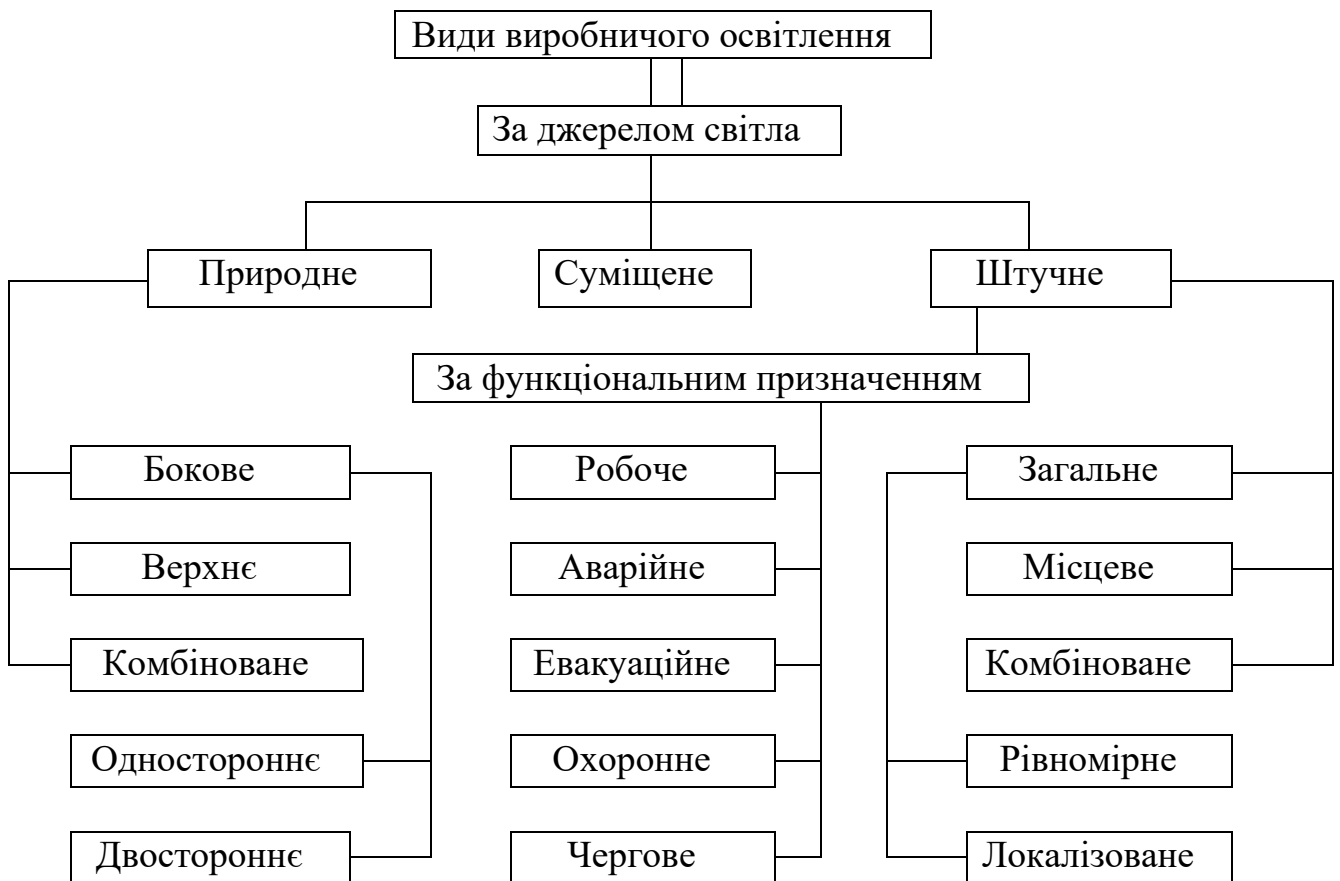


Рис. 3.1. Класифікація видів виробничого освітлення

Оскільки природне освітлення змінюється не лише протягом доби, а навіть протягом короткого проміжку часу, для нормування та розрахунку природного освітлення приміщень, використовують відносний показник – коефіцієнт природного освітлення (КПО):

$$КПО = \frac{E_{\text{гн}}}{E_{\text{зог}}} \cdot 100\% \quad (3.3)$$

де $E_{вн}$ – освітленість у даній точці всередині приміщення, що створюється світлом неба (безпосереднім чи відбитим).

$E_{зов}$ – освітленість горизонтальної поверхні, що створюється в той самий час ззовні світлом повністю відкритого небосхилу.

На рис. 3.2 схематично зображено внутрішню освітленість ($E_{вн}$) умовної точки М всередині приміщення та зовнішню освітленість ($E_{зов}$).

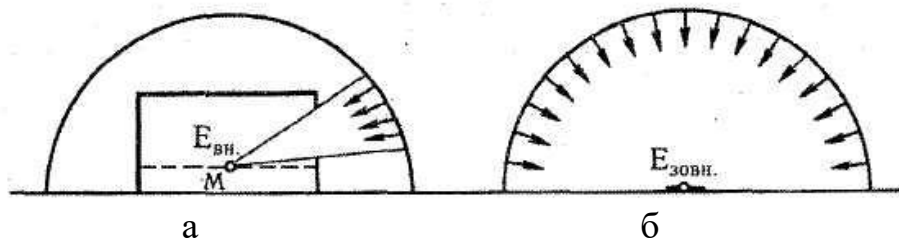


Рис. 3.2. Схематичне зображення внутрішньої $E_{вн}$ (а) та зовнішньої $E_{зов}$ (б) освітленості

Нормовані значення КПО визначаються відповідно до СНиП II-4-79. З метою врахування особливостей світлового клімату в різних географічних пунктах вся територія колишнього СРСР зонована на 5 поясів світлового клімату (СНиП II-4-79, чинний на сьогодні в Україні, затверджений ще в 1979 році і переглядався в 1985 році).

Нормоване значення КПО (e_n) для будівель, що розміщені в I, II, IV та V поясах світлового клімату, визначається за формулою:

$$e_n = e_n^{III} m C, \quad (3.4)$$

де e_n^{III} – значення КПО за табл. 3.1;

m – коефіцієнт світлового клімату;

C – коефіцієнт сонячності клімату (табл. 3.3).

Територія Кримського півострова належить до V поясу світлового клімату, а решта території України — до IV (рис. 3.3). Коефіцієнт m для IV та V поясів світлового клімату становить відповідно 0,9 та 0,8.

Т а б л и ц я 3.1

Норми штучного (для люмінесцентних ламп) та природного освітлення виробничих приміщень (витяг з СНиП II-4-79)

Характеристика зорових робіт	Найменший розмір об'єкта, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумішене освітлення	
				Освітленість, лк		КПО, %			
				при комбінованому освітленні	при загальному освітленні	при верхньому чи комбінованому освітленні	при боковому освітленні	при верхньому чи комбінованому освітленні	при боковому освітленні
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Найвищої точності	Менше 0,15	I	а б в г	5000 4000 2500 1500	1500 1250 750 400	10	3,5	6	2
Дуже високої точності	0,15 – 0,3	II	а б в г	4000 3000 2000 1000	1250 750 500 300	7	2,5	4,2	1,5
Високої точності	0,3 – 0,5	III	а б в г	2000 1000 750 400	500 300 300 200	5	2	3	1,2
Середньої точності	0,5 – 1	IV	а б в г	750 500 400 300	300 200 200 150	4	1,5	2,4	0,9
Малої точності	1 – 5	V	а б в г	300 200 – –	200 150 150 100	3	1,0	1,8	0,6
Груба	Більше 5	VI	–	–	150	2	0,5	1,2	0,3
Робота з самосвітними матеріалами	Більше 0,5	VII	–	–	200	3	1	1,8	0,6
Загальне спостереження за ходом виробничого процесу: – постійне спостереження; – періодичне при постійному перебуванні людей в приміщенні; – періодичне при періодичному перебуванні людей в приміщенні	–	VIII	а	–	75	1	0,3	0,7	0,2
			б	–	50	0,7	0,2	0,5	0,2
			в	–	30	0,5	0,1	0,3	0,1

Т а б л и ц я 3.2

Характеристика під розрядів зорових робіт (розряди I – V) у таблиці 3.1

Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розпізнавання з фоном	Характеристика фону
а	Малий	Темний
б	Малий Середній	Середній Темний
в	Малий Середній Великий	Світлий Середній Темний
г	Середній Великий Великий	Світлий Світлий Середній

Т а б л и ц я 3.3

Значення коефіцієнта сонячності клімату для IV та V поясів світлового клімату

Пояс світлового клімату	Коефіцієнт сонячності клімату, С							
	при світлових отворах, що зорієнтовані за сторонами світу (азимут, град.)							при зенітних ліхтарях
	в зовнішніх стінах будівель			в прямокутних та трапецевидних ліхтарях			у ліхтарях типу "Шед"	
	136-225	226-315 46-135	316-45	69-113 249-293	24-68; 204-248; 114-158; 294-338	159-203 339-23	316-45	
IV								
а) північніше 50° півн. ш.	0,75	0,8	1	0,85	0,9	0,95	1	0,9
б) 50° півн. ш. і південніше	0,7	0,75	0,95	0,8	0,85	0,9	0,95	0,85
V								
а) північніше 50° півн. ш.	0,65	0,7	0,9	0,75	0,8	0,85	0,9	0,75
б) 50° півн. ш. і південніше	0,6	0,65	0,85	0,7	0,75	0,8	0,85	0,65

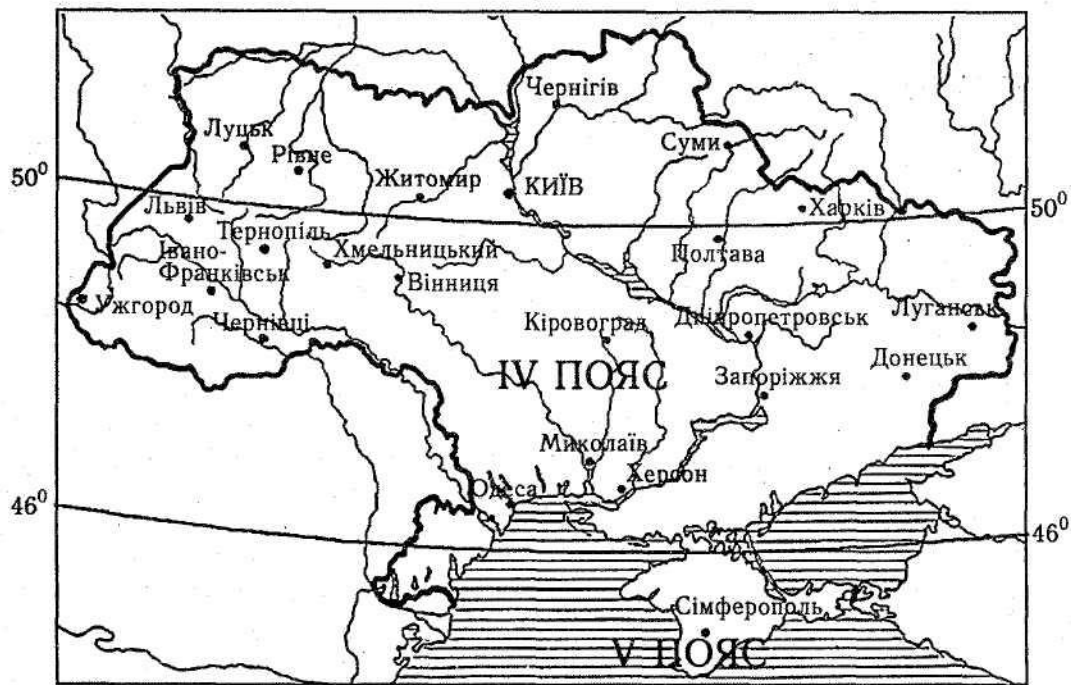


Рис. 3.3. Зонування території України за поясами світлового клімату

При односторонньому боковому природному освітленні нормується мінімальне значення КПО в точці, що розташована на віддалі 1 м від стіни, яка знаходиться якнайдалі від світлових отворів (вікон), на перетині вертикальної площини характерного розрізу приміщення з умовною робочою поверхнею (або поверхнею підлоги).

У виробничих та громадських будівлях не вдається забезпечити достатнє за нормами природне освітлення. В такому випадку необхідно проектувати суміщене освітлення, що може бути спричинене: вибрані за умовами технології та організації виробництва або об'ємно-планувальні рішення будівель не дозволяють забезпечити достатнє за нормами природне освітлення приміщень; підвищеними вимогами стосовно якості та постійності освітлення на робочих місцях, які неможливо задовільнити лише при одному природному освітленні; за умовами вибору раціональних рішень громадських будівель та допоміжних приміщень промислових підприємств приміщення повинні мати велику глибину.

Відповідно до СНиП II-4-79 застосування суміщеного освітлення не допускається в жилих кімнатах та кухнях жилих будівель, приміщеннях для перебування дітей, навчальних та навчально-виробничих приміщеннях, школах та інших навчальних закладах.

При одночасному використанні природного та штучного освітлення до останнього пред'являються вимоги щодо кольоровості, інтенсивності та способів включення і регулювання.

3.2. ПРОЕКТУВАННЯ ПРИРОДНОГО ОСВІТЛЕННЯ

Проектування природного освітлення повинно починатись із визначення вихідних вимог до освітлення на основі детального вивчення технологічних, трудових чи інших функціональних процесів, що протікають у приміщеннях, а також кліматичних та світлокліматичних особливостей місця розташування будівлі. При цьому повинні бути визначені наступні вихідні дані: характеристика зорової роботи; наявність спеціальних вимог до природного освітлення (напрямок світлового потоку на робочу поверхню, рівномірність освітлення приміщення, рівень вертикальної освітленості тощо); географічне місце розташування; орієнтація будівлі стосовно сторін світу; напруженість та тривалість сонячної радіації; кількість опадів протягом року; напрямки пануючих вітрів і т.д.

На основі вихідних даних вибирається система освітлення, тип світлових отворів, тип та кількість шарів світлопропускаючого заповнення, розряди (підрозряди) зорових робіт і нормовані значення КПО, загальний коефіцієнт світлопропускання світлових отворів, необхідні сонцезахисні пристрої.

В південних областях України (Одеська, Миколаївська, Херсонська) та на Кримському півострові, що характеризуються значними рівнями сонячної радіації протягом року, основною вимогою стосовно проектування природного освітлення є захист приміщення від світлової та теплової дії інсоляції. В зв'язку зі значною кількістю сонячних днів протягом року та високою інтенсивністю прямого сонячного світла світлові отвори в приміщеннях, розташованих в цих районах країни повинні не лише виконувати сонцезахисні функції, а й трансформувати пряме сонячне світло для природного освітлення приміщень. Приклади раціональних схем верхнього природного освітлення, що суміщають обидві вище згадані функції наведені на рис. 3.4.

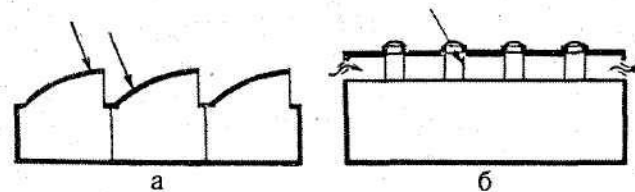


Рис. 3.4. Раціональні схеми верхнього природного освітлення для будівель південних районів:

а — будівля з ліхтарями типу "шед", зорієнтованими на північ; б — будівля з шахтними ліхтарями, шахти яких проходять через горище, що провітрюється

При боковому природному освітленні для забезпечення задовільного світлового та теплового режимів у будівлях, які розташовані в південних районах, як правило, використовують сонцезахисні пристрої (рис. 3.5) або скла. Обираючи сонцезахисний пристрій необхідно мати на увазі, що горизонтальним пристроям (рис. 3.5 а і б) надають перевагу при орієнтації вікон на південь. Вертикальні екрани (рис. 3.5 в) краще використовувати тоді, коли вікна зорієнтовані на захід

чи схід (для захисту від низьких сонячних променів). Сонцезахисні пристрої у вигляді сот (рис. 3.5 г) варто використовувати при орієнтації вікон на південний захід чи південний схід, тобто тоді коли потрібний захист від високих і низьких променів Сонця.

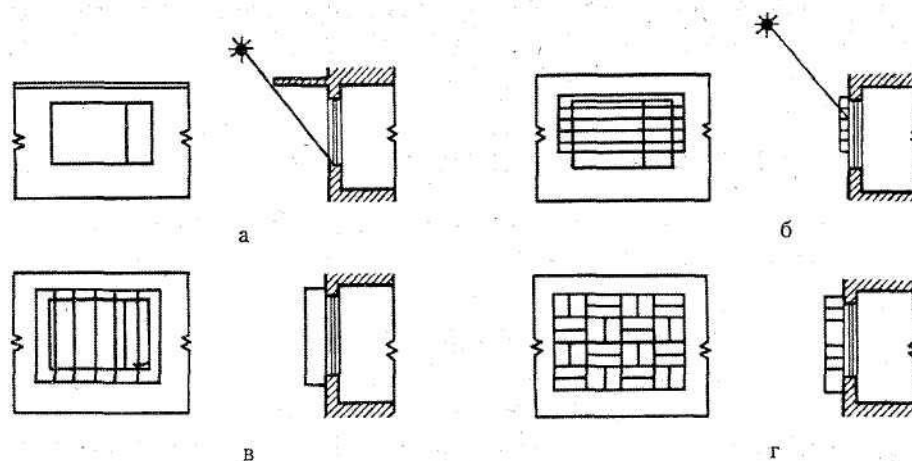


Рис. 3.5. Сонцезахисні пристрої:

а — горизонтальний козирок; б — горизонтальні жалюзі; в — вертикальні екрани; г — сотовидні екрани

Слід зазначити, що нині досить широко для захисту від прямої дії сонячних променів застосовують регульовані жалюзі (вертикальні та горизонтальні) і напівпрозорі штори (для розсіювання світла), які встановлюються на вікна з внутрішньої сторони будівлі.

Основним завданням при проектуванні природного освітлення виробничих приміщень є вибір типу та визначення розміщення і сумарної площі світлових отворів, при яких у приміщеннях забезпечується необхідний світловий режим.

Вибір системи природного освітлення визначається, в основному, призначенням та прийнятим об'ємно-планувальним рішенням будівлі, характеристиками технологічного процесу та зорової роботи, що виконуються в приміщенні, а також географічним розташуванням будівлі та особливостями клімату. Верхнє та комбіноване освітлення доцільно застосовувати в одно- та двоповерхових (для верхнього поверху) промислових підприємствах. Бокове природне освітлення, застосовується в багатоповерхових будівлях, а також в одноповерхових, у яких відношення глибини приміщення до висоти вікон над умовною робочою поверхнею не перевищує 8.

При виборі світлових отворів необхідно врахувати, що поряд з основною функцією – пропускати природне світло в приміщення, вони повинні виконувати і іншу — захищати приміщення від негоди, надмірних втрат теплоти в холодний період і перегріву літом; забезпечувати аерацію приміщення. Окрім того, світлові отвори в зовнішніх стінах (вікна) повинні забезпечити можливість огляду зовнішнього простору.

При облаштуванні бокового освітлення в крайніх прольотах промислових будівель, як правило, ширина вікон не повинна перевищувати 4,8 м, а висота підві-

конника повинна становити не менше 1,4 м.

В приміщеннях, що мають значну глибину (більше 18 м) площу вікон необхідно вибрати виходячи з мінімального КПО при сумісному освітленні, а вікна у зовнішніх стінах слід розташовувати в два яруси, причому нижній ярус вікон проектується із умов забезпечення зорового зв'язку з навколишнім простором, а верхній ярус — освітлення віддалених від вікон зон приміщення.

3.3. РОЗРАХУНОК ПРИРОДНОГО ОСВІТЛЕННЯ

Освітленість робочої поверхні всередині приміщення створюється кількома складовими (рис. 3.6), що можна представити наступним рівнянням:

$$E_{вн} = E_3 + E_с + E_б, \quad (3.5)$$

де E_3 — освітленість, яка створюється дифузним світлом неба, що потрапляє через світловий отвір безпосередньо на робочу поверхню;

$E_с$ — освітленість, яка створюється за рахунок відбиття світла від стін, стелі, підлоги;

$E_б$ — освітленість, яка створюється за рахунок відбиття світла від будівлі, що стоїть навпроти вікна.

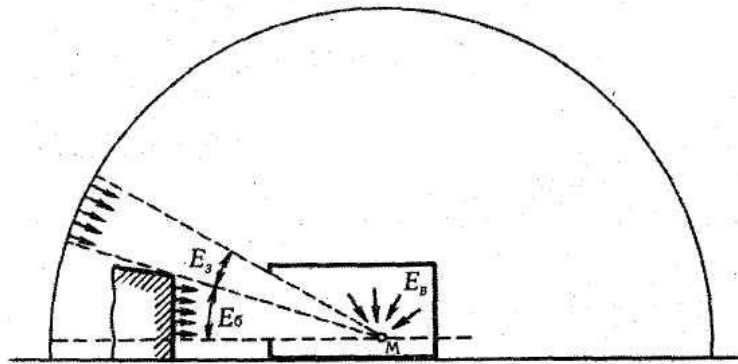


Рис. 3.6. Схема складових освітленості всередині приміщення

Якщо навпроти вікна немає будівлі, то $E_б = 0$, в той же час дерева, будівлі, що розташовані навпроти вікна з південної сторони, можуть його затінити, зменшуючи тим самим загальну освітленість робочої поверхні.

При розрахунку природного освітлення необхідно враховувати всі три складові освітленості.

Попередній розрахунок природного освітлення полягає у визначенні площі світлових прорізів за формулами:

при односторонньому освітленні приміщення

$$100 \frac{S_B}{S_{П}} = \frac{e_H K_3 \eta_B K_{БВД}}{\tau_3 r_1}; \quad (3.6)$$

при верхньому освітленні

$$100 \frac{S_L}{S_{П}} = \frac{e_H K_3 \eta_L}{\tau_3 r_2 K_L}, \quad (3.7)$$

де S_B – площа вікон;
 S_{II} – площа підлоги;
 e_H – нормоване значення КПО;
 K_3 – коефіцієнт запасу (для виробничих приміщень $K_3 = 1,3 - 1,5$);
 η_B – світлова характеристика вікон (визначається за табл. 3.4);
 $K_{БВД}$ – коефіцієнт, що враховує затінення вікон будівлями, які розташовані навпроти (визначається за табл. 3.5);
 τ_3 – загальний коефіцієнт світлопропускання;
 r_1 – коефіцієнт, що враховує підвищення КПО при боковому освітленні завдяки світлу, яке відбивається від поверхонь приміщення;
 S_L – площа ліхтарів;
 η_L – світлова характеристика ліхтарів (визначається за табл. СНиП II-4-79);
 r_2 – коефіцієнт, що враховує підвищення КПО при верхньому освітленні завдяки світлу, яке відбивається від поверхонь приміщення (визначається за табл. СНиП II-4-79);
 K_L – коефіцієнт, що враховує тип ліхтаря (визначається за табл. СНиП II-4-79).

Т а б л и ц я 3.4

Значення світлової характеристики вікон (η_B) при боковому освітленні (рис. 3.7 а)

Відношення довжини приміщення (L) до його глибини (B)	Відношення глибини приміщення (B) до висоти від рівня робочої поверхні до верхнього краю вікна (h)							
	1	1,5	2	3	4	5	7,5	10
4 і більше	6,5	7	7,5	8	9	10	11	12,5
3	7,5	8	8,5	9,6	10	11	12,5	14
2	8,5	9	9,5	10,5	11,5	13	15	17
1,5	9,5	10,5	13	15	17	19	21	23
1	11	15	16	18	21	23	26,5	29
0,5	18	23	31	37	45	54	66	–

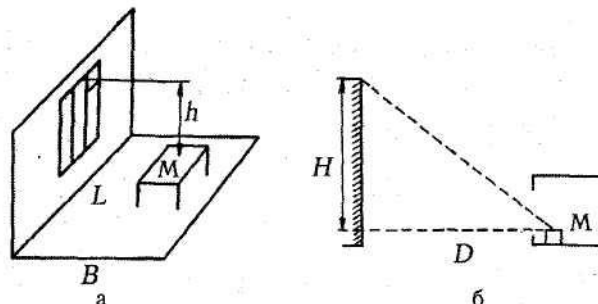


Рис. 3.7. Природне бокове освітлення приміщення:
а – світлова характеристика вікна; б – затінення вікна будівлею

Т а б л и ц я 3.5

Значення $K_{БУД}$ залежно від відношення відстані між протилежними будівлями D до висоти карнизу протилежного будинку над підвіконником H (рис. 3.7 б)

D/H	0,5	1	1,5	2	3 і більше
$K_{БУД}$	1,7	1,4	1,2	1,1	1,0

Загальний коефіцієнт світлопропускання визначається за формулою:

$$\tau_3 = \tau_1 \tau_2 \tau_3 \tau_4 \tau_5, \quad (3.8)$$

де τ_1 – коефіцієнт світлопропускання матеріалу (визначається за табл. 3.6);

τ_2 – коефіцієнт, що враховує втрати світла у віконній рамі (визначається за табл. 3.6);

τ_3 – коефіцієнт, що враховує втрати світла у несучих конструкціях (при боковому освітленні $\tau_3=1$; при верхньому – $\tau_3 = 0,8 - 0,9$);

τ_4 – коефіцієнт, що враховує втрати світла у сонцезахисних пристроях (визначається за табл. 3.6);

τ_5 – коефіцієнт, що враховує втрати світла у захисній сітці, яка встановлюється під ліхтарями (приймається рівним 0,9).

Значення коефіцієнта r_l визначається за табл. 3.7 залежно від параметрів приміщення та середнього коефіцієнта відбиття $\rho_{СР}$ стелі, стін, підлоги, який визначається за формулою:

$$\rho_{СР} = \frac{\rho_{стелі} S_{стелі} + \rho_{стін} S_{стін} + \rho_{підлоги} S_{підлоги}}{S_{стелі} + S_{стін} + S_{підлоги}}, \quad (3.9)$$

де $\rho_{стелі}$, $\rho_{стін}$, $\rho_{підлоги}$ – відповідні коефіцієнти відбиття;

$S_{стелі}$, $S_{стін}$, $S_{підлоги}$ – відповідні площі поверхонь.

Визначені за допомогою розрахунку розміри світлових прорізів допускається змінювати на (+ 5), (– 10)%.

Т а б л и ц я 3.6

Значення коефіцієнтів τ_1 , τ_2 , τ_4

Вид світлопропускаючого матеріалу	Значення τ_1	Вид віконної рами	Значення τ_2	Сонцезахисні пристрої	Значення τ_4
1	2	3	4	5	6
Скло віконне листове: одинарне подвійне потрійне	0,9 0,8 0,75	Віконні рами для промислових будівель: а) дерев'яні:		Регульовані жалюзі та штори (внутрішні, зовнішні)	1
Скло листове: армоване	0,6	одинарні	0,75	Стаціонарні жалюзі та екрани з захисним кутом не більше 45°:	
з візерунком	0,65	спарені	0,7	– горизонтальні	0,65
сонцезахисне	0,65	подвійні окремі	0,6	– вертикальні	0,75
		б) металеві:			

Продовження таблиці 3.6

1	2	3	4	5	6
контрастне Органічне скло: прозоре молочне Пустотілі скляні блоки: світлорозсіюючі прозорі Склопакети	0,75 0,9 0,6 0,5 0,55 0,8	одинарні (відкриваються) одинарні (глухі) подвійні (відкриваються) подвійні (глухі)	0,75 0,9 0,6 0,8	Горизонтальні козирки: – з захисним кутом не більше 30° – з захисним кутом від 15° до 45° (багатоступеневі)	0,8 0,6–0,9

Т а б л и ц я 3.7

Значення коефіцієнта r_l

B/h	V/B	Значення r_l при боковому освітленні									Значення r_l при боковому двосторонньому освітленні									
		Середній коефіцієнт відбиття ρ_{cp} стелі, стін і підлоги																		
		0,5			0,4			0,3			0,5			0,4			0,3			
		Відношення довжини приміщення L до його глибини B																		
		0,5	1	2 і Бі- ль- ше	0,5	1	2 і Бі- ль- ше	0,5	1	2 і Бі- ль- ше	0,5	1	2 і Бі- ль- ше	0,5	1	2 і Бі- ль- ше	0,5	1	2 і Бі- ль- ше	
Від 1 до 1,5	0,1 0,5 1,0	1,05 1,4 2,1	1,05 1,3 1,9	1,05 1,2 1,5	1,05 1,2 1,8	1,05 1,15 1,6	1 1,1 1,3	1,05 1,2 1,4	1 1,1 1,3	1 1,1 1,2	1,05 1,35 1,6	1,05 1,25 1,4	1,05 1,15 1,25	1,05 1,15 1,45	1,05 1,1 1,3	1 1,1 1,15	1,05 1,1 1,25	1 1,1 1,15	1 1,1 1,1	
Біль- ше 1,5 до 2,5	0,1 0,3 0,5 0,7 1,0	1,05 1,3 1,85 2,25 3,8	1,05 1,2 1,6 1,7 3,3	1,05 1,1 1,3 1,5 2,4	1,05 1,2 1,5 1,7 2,8	1,05 1,15 1,35 1,6 2,4	1,05 1,1 1,2 1,3 1,8	1 1,1 1,2 1,35 2	1 1,05 1,1 1,2 1,8	1 1,05 1,1 1,2 1,5	1,05 1,3 1,8 2,1 2,35	1,05 1,2 1,45 1,75 2	1,05 1,1 1,25 1,5 1,6	1,05 1,2 1,4 1,75 1,9	1,05 1,1 1,15 1,25 1,6	1,05 1,1 1,15 1,25 1,5	1,05 1,1 1,15 1,25 1,5	1 1,1 1,15 1,25 1,35	1 1,05 1,1 1,2 1,2	
Біль- ше 2,5 до 3,5	0,1 0,3 0,5 0,7 0,9 1,0	1,1 1,2 1,6 2,6 5,3 7,2	1,05 1,15 1,45 2,2 4,2 5,4	1,05 1,1 1,3 1,7 3 4,3	1,05 1,15 1,35 1,9 2,9 3,6	1 1,1 1,25 1,4 2,45 3,1	1 1,1 1,25 1,6 2,2 2,6	1 1,1 1,15 1,5 2,2 2,2	1 1,05 1,1 1,3 1,85 2,2	1 1,1 1,15 1,5 2,25 2,7	1,1 1,2 1,5 1,9 3,65 4,45	1,05 1,15 1,4 1,9 2,9 3,35	1,05 1,1 1,25 1,45 2,6 2,65	1,05 1,15 1,3 1,7 2,2 2,4	1 1,1 1,2 1,5 1,9 2,1	1 1,1 1,2 1,5 2,25 2,6	1 1,1 1,2 1,5 2,25 2,6	1 1,1 1,2 1,5 2,25 2,6	1 1,1 1,2 1,5 2,25 2,6	1 1,05 1,1 1,2 1,4 1,7
Біль- ше 3,5	0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1,0	1,2 1,4 1,75 2,4 3,4 4,6 6 7,4 9 10	1,15 1,3 1,5 2,1 2,9 3,8 4,7 5,8 7,1 7,3	1,1 1,2 1,3 1,6 2,1 2,4 2,9 3,4 4,3 5,7	1,1 1,15 1,3 1,4 1,8 2,1 2,6 2,9 3,6 4,1	1,05 1,1 1,2 1,3 1,5 1,8 2,1 2,4 3 3,5	1,05 1,1 1,25 1,4 1,7 2,1 2,6 3 3,5	1,05 1,1 1,25 1,4 1,7 2,1 2,6 3 3,5	1 1,05 1,1 1,2 1,5 1,8 2,1 2,6 3 3,5	1 1,05 1,1 1,2 1,5 1,8 2,1 2,6 3 3,5	1,2 1,4 1,75 2,35 3,25 4,2 5,1 5,8 6,2 6,3	1,15 1,3 1,5 2 2,8 3,5 4 4,5 4,9 5	1,1 1,2 1,3 1,6 2,4 2,85 3,2 3,6 3,9 4	1,1 1,2 1,4 1,6 1,9 2,25 2,55 2,8 3,4 3,5	1,1 1,15 1,3 1,4 1,7 2,1 2,3 2,4 2,8 2,9	1,05 1,1 1,2 1,3 1,45 1,7 1,85 1,95 2,3 2,4	1,05 1,1 1,25 1,35 1,65 1,95 2,1 2,25 2,45 2,6	1,05 1,1 1,25 1,35 1,65 1,95 2,1 2,25 2,45 2,6	1 1,05 1,1 1,25 1,35 1,5 1,7 1,85 2,1 2,25 2,45 2,6	1 1,05 1,1 1,25 1,35 1,5 1,7 1,85 2,1 2,25 2,45 2,6

П р и м і т к а: B – глибина приміщення; h – висота від рівня умовної робочої поверхні до верхнього краю вікна; l – відстань розрахункової точки до зовнішньої стіни.

Т а б л и ц я 3.8

**Орієнтовані значення коефіцієнтів відбиття ρ
поверхонь інтер'єру приміщення**

Поверхні інтер'єру приміщення	Коефіцієнт відбиття (ρ),%	Поверхні інтер'єру приміщення	Коефіцієнт відбиття (ρ),%
Стеля	80 – 65	Нижня частина стіни (панель)	
Залізобетонні ферми та балки перекриття	70 – 45	та перегородки	60 – 40
Металоконструкції	55 – 40	Підлога	40 – 10
Верхня частина стіни	70 – 50	Технологічне устаткування	55 – 25

Т а б л и ц я 3.9

Орієнтовані значення коефіцієнтів відбиття стелі ($\rho_{стелі}$) та стін ($\rho_{стін}$)

Стан стелі	$\rho_{стелі}$, %	Стан стін	$\rho_{стін}$, %
Свіжопобілена	80 – 65	Свіжопобілені з вікнами, закритими білими шторами	75 – 65
Побілена в сирих приміщеннях	65 – 40	Свіжопобілені з вікнами, без штор	55 – 45
Бетонна чиста	55 – 45	Бетонні з вікнами	35 – 25
Бетонна брудна	35 – 25	Обклеєні світлими шпалерами	40 – 25
Світла дерев'яна (полакована)	60 – 45	Обклеєні темними шпалерами	15 – 5
Темна дерев'яна (нефарбована)	30 – 25	Цегляні не штукатурені	15 – 10
Брудна (кузні, склади вугілля)	20 – 10		

Т а б л и ц я 3.10

Коефіцієнти відбиття ρ поверхонь з різним кольоровим пофарбуванням

Колір пофарбованої поверхні	Коефіцієнт відбиття ρ , %	Колір пофарбованої поверхні	Коефіцієнт відбиття ρ , %
Біла палітура	85	Світло-сіра	53
Біла напівматова	82	Сіра алюмінієва	42
Біла слонова кістка	79	Зелена (колір шавлії)	41
Кремово-біла	72	Бежева	38
Світло-рожева	69	Коричнева	23
Світло-жовта	60	Оливково-зелена	20
Світло-червона	56	Темно-коричнева	15
Блакитна	53	Темно-зелена	10
		Темно-синя	4

Приклад 3.1. Розрахувати бокове одностороннє природнє освітлення для виробничої дільниці (крила будівлі) з розмірами $L \times B = 108 \times 9$ м і висотою $H = 3,2$ м; висота робочої поверхні $h_P = 0,7$ м. Будівля знаходиться в місті Києві (IV світловий пояс) і навпроти вікон дільниці, що зорієнтовані на захід, немає затіняючих об'єктів. У виробничій діяльності виконуються роботи середньої точності.

Необхідна площа вікон визначається за формулою:

$$S_B = \frac{e_H K_3 \eta_B S_{\Pi}}{\tau_3 r_1 100}$$

Визначимо спочатку необхідні для розрахунку значення. Нормоване значення КПО знайдемо, скориставшись табл. 3.1 та 3.3:

$$e_H = e_H^{III} mC = 1,5 \cdot 0,9 \cdot 0,8 = 1,1\% .$$

Приймаємо коефіцієнт запасу $K_3 = 1,3$. Значення світлової характеристики вікон η_B визначається відношеннями $L/B = 108/9 = 12$ та $B/h = 9/2,1 = 4,3$ (рис. 3.7 а). За табл. 3.4 знаходимо $\eta_B = 9$. Площа підлоги виробничої дільниці становить $S_n = 972$ м². Оскільки вікна не мають світлозахисних пристроїв і виготовлені з подвійних дерев'яних рам, в яких вставлено віконне листове скло, то за знайденими в табл. 3.6 значеннями визначаємо загальний коефіцієнт світлопропускання вікон:

$$\tau_3 = \tau_1 \tau_2 \tau_3 \tau_4 \tau_5 = 0,8 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,48.$$

Визначаємо середній коефіцієнт відбиття приміщення:

$$\rho_{CP} = \frac{\rho_{стелі} S_{стелі} + \rho_{стін} S_{стін} + \rho_{підлоги} S_{підлоги}}{S_{стелі} + S_{стін} + S_{підлоги}} = \frac{0,7 \cdot 972 + 0,5 \cdot 403 + 0,1 \cdot 972}{972 + 403 + 972} = 0,42 .$$

Порахувавши значення параметрів, що характеризують приміщення $B/h = 9/2,1 = 4,3$; $l/B = 6/9 = 0,66$; $L/B = 108/9 = 12$, за табл. 3.7 визначаємо коефіцієнт $r_1 = 2,1$.

Підставивши попередньо знайдені значення визначаємо необхідну площу вікон виробничої дільниці:

$$S_B = \frac{1,1 \cdot 1,3 \cdot 9 \cdot 972}{0,48 \cdot 2,1 \cdot 100} = 124 \text{ м}^2 .$$

Вибираємо стандартні вікна з розміром $1,5 \times 1,7$ м, тоді площа одного вікна становитиме $S_B^1 = 2,55$ м².

Визначимо необхідну кількість вікон:

$$n = \frac{S_B}{S_B^1} = \frac{124}{2,55} = 48,6 .$$

Приймаємо 49 вікон. Розташування останніх показано на рис. 3.8.

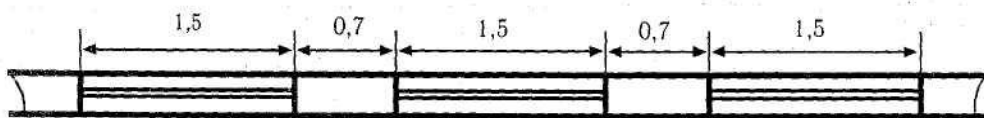


Рис. 3.8. Розташування вікон (до прикладу 3.1)

4. ШТУЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ

Штучне освітлення передбачається у всіх виробничих та побутових приміщеннях для компенсації нестачі природного світла та для освітлення приміщень у темний період доби. Від того, наскільки кваліфіковано воно спроектоване залежить безпека праці та самопочуття працівників, продуктивність їхньої праці та якість продукції. Відомо, що раціонально виконане штучне освітлення приміщень при одній і тій же витраті електроенергії підвищує продуктивність праці на 15 – 20%. Разом з тим неправильно вибране та недостатнє освітлення робочих місць може бути причиною функціональних зорових порушень у працівників.

4.1. НОРМУВАННЯ ШТУЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ

Величина освітленості (абсолютне її значення) нормується залежно від характеристики зорової роботи, тобто найменшого лінійного розміру об'єкта розпізнавання, контрасту між об'єктом розпізнавання і фоном, типу системи освітлення і джерел світла. Норми освітленості при використанні люмінесцентних ламп для загального та комбінованого штучного освітлення наведені в табл. 3.1.

При використанні ламп розжарювання норми освітленості слід знижувати на певну кількість ступенів за шкалою освітленості: 0,2; 0,3; 0,5; 1; 2; 3; 5; 7; 10; 20; 30; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 500; 600; 750; 1000; 1250; 1500; 2000; 2500; 3000; 3500; 4000; 5000:

- на один ступінь в системі комбінованого освітлення, якщо нормована освітленість складає 750 лк і більше;
- на один ступінь в системі загального освітлення для розрядів I—V, VII, при цьому освітленість від ламп розжарювання має не перевищувати 300 лк
- на два ступеня в системі комбінованого освітлення для розрядів VI і VIII.

Освітленість робочої поверхні, що створюється світильниками загального освітлення в системі комбінованого, має складати 10% від нормованої для комбінованого освітлення при тих джерелах світла, які застосовуються для міс-

цевого освітлення, при цьому слід приймати наступні найбільші і найменші значення освітленості: для газорозрядних ламп — 500 лк та 150 лк, для ламп розжарювання — 100 лк та 50 лк.

У виробничих приміщеннях, в яких виконуються роботи I—У розрядів, освітленість проходів та ділянок, де не проводяться роботи, має становити не менше 25% від освітленості, що створюється світильниками загального освітлення на робочих місцях, але не менше 75 лк при газорозрядних лампах та не менше 30 лк при лампах розжарювання.

При аварійному режимі найменша освітленість робочих поверхонь виробничих приміщень та території підприємств, які вимагають обслуговування, має становити 5% від освітленості, що нормується для робочого освітлення в системі загального освітлення, але не менше 2 лк всередині будівель і не менше 1 лк для території підприємств.

Евакуаційне освітлення має забезпечувати найменшу освітленість на підлозі основних проходів (чи на землі та на сходинах сходів: в приміщеннях — 0,5 лк, на відкритих територіях 0,2 лк).

Охоронне освітлення має забезпечувати освітленість 0,5 лк на рівні землі в горизонтальній площині чи на рівні 0,5 м від землі на одній стороні вертикальної площини, перпендикулярної до лінії границі (межі).

Поряд з величиною освітленості нормуванню підлягають параметри якості освітлення, які значною мірою впливають на зорову працездатність людини.

Загальне освітлення (незалежно від системи освітлення) повинно відповідати встановленим нормам стосовно нерівномірності освітлення в зоні розміщення робочих місць. Відповідно до вимог СНиП II-4-79 відношення максимальної освітленості до мінімальної допускається не більше: для робіт I — III розрядів при люмінесцентних лампах — 1,5, при інших джерелах світла — 2; для робіт IV—VII розрядів — відповідно 1,8 та 3.

Показник осліпленості для світильників загального освітлення в приміщеннях (незалежно від системи освітлення) має не перевищувати значень, вказаних в табл. 3.11.

Т а б л и ц я 3.11

Допустимі максимальні значення показника осліпленості

Розряд зорових робіт	Показник осліпленості	
	при постійному перебуванні людей в приміщенні	при періодичному перебуванні людей в приміщенні
I, II	20	—
III, IV, V, VII	40	60
VI, VIII а	60	80

Показник осліпленості не обмежується:

— для приміщень, довжина яких не перевищує подвійної висоти встановлення світильників над підлогою;

— для приміщень висотою не більше 2,5 м при виконанні робіт VI і VIII а розрядів (при тимчасовому перебуванні людей незалежно від розрядів робіт), а також для майданчиків, призначених для проходження людей чи обслуговування обладнання.

— Якщо в даному приміщенні виконуються роботи, для яких нормуються різні показники осліпленості, то для всього приміщення слід прийняти показник осліпленості, що відповідає найбільш точним роботам. Якщо точними роботами зайнято менше 25% площі приміщення, то можливо вибрати довільно показник осліпленості в межах допустимого.

Коефіцієнт пульсації освітленості при освітленні приміщень газорозрядними лампами, що живляться змінним струмом частотою 50 Гц, не повинен перевищувати значення, приведені в табл. 3.12.

Т а б л и ц я 3.12

Допустимі максимальні значення коефіцієнта пульсації освітленості, %

Система освітлення	Коефіцієнт пульсації освітленості при розрядах зорової роботи		
	I, II	III	IV – VIII а
Загальне освітлення	10	15	20
Комбіноване освітлення:			
загальне	20	20	20
місцеве	10	15	20

При живленні газорозрядних ламп змінним струмом з частотою 400 Гц і вище виконання вимог табл. 3.12 не обов'язкове.

4.2. ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ШТУЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ

При проектуванні штучного освітлення необхідно вирішити наступне: вибрати систему освітлення, тип джерела світла, тип світильників, визначити розташування світлових приладів, виконати розрахунки штучного освітлення та визначити потужності світильників та ламп.

Вибір системи освітлення, в основному, визначається точністю виконуваних зорових робіт та особливостями виробничого обладнання. У виробничих приміщеннях при виконанні робіт I—IV розрядів використовується, як правило, комбінована система освітлення, оскільки досягнення необхідної освітленості при загальній системі освітлення вимагає значних витрат електричної енергії і є недоцільним. З цієї ж точки зору слід надавати перевагу локалізованому загальному освітленню, в тому числі і в системі комбінованого, витримуючи при цьому допустимі норми нерівномірності освітлення (СНиП II-4-79). Система загального освітлення передбачається при технічній неможливості або недоцільності влаштування місцевого освітлення. В адміністративних та санітарно-побутових приміщеннях використовується система загального рівномірного освітлення, яка дає можливість більш рівномірно розподілити світлову енергію. Використання одного лише місцевого освітлення без загального не допускається.

У виробничих та допоміжних приміщеннях, які мають технологічне чи санітарно-технічне обладнання або виробничі ємкості, для ремонту чи огляду яких недостатньо загального або стаціонарного місцевого освітлення, слід передбачати переносне освітлення.

Вибір джерела світла. Як джерела штучного світла для виробничих приміщень, як правило, використовуються газорозрядні лампи низького (люмінесцентні), а також високого тиску (дугові ртутні, металогалогенні, натрієві, ксенонові). У випадку неможливості або техніко-економічної недоцільності застосування газорозрядних джерел світла використовуються лампи розжарювання, зокрема для освітлення приміщень з тимчасовим перебуванням людей, у вибухонебезпечних приміщеннях і т. ін.

Найчастіше для освітлення виробничих та адміністративних приміщень використовують люмінесцентні лампи, які енергетично є більш економічніші. Окрім того, вони за спектральними характеристиками максимально наближаються до природного світла, що важливо при використанні суміщеного освітлення. Якщо немає застережень стосовно спектрального складу випромінюваного світла, то найдоцільніше, з економічної точки зору застосовувати люмінесцентні лампи типу ЛБ, які мають найвищу світловіддачу.

Як джерела світла для загального освітлення виробничих приміщень зі значною висотою (механічні, механо-складальні, механо-ремонтні цехи тощо), як правило, використовуються газорозрядні лампи високого тиску типу ДРЛ (дугові ртутні), які характеризуються високою світловою віддачею при компактності джерела світла.

Застосування ксенонових ламп для освітлення всередині приміщень допускається, як виключення, тільки за узгодженням з Міністерством охорони здоров'я України.

Для місцевого освітлення робочих місць використовують люмінесцентні лампи або лампи розжарювання. Тип ламп для загального освітлення в системі комбінованого обирається незалежно від типу джерел світла місцевого освітлення.

Для аварійного та евакуаційного освітлення застосовуються лампи розжарювання та люмінесцентні лампи (в приміщеннях з мінімальною температурою повітря не нижче +5 °С та за умови живлення ламп у всіх режимах змінним струмом напругою не менше 90% від номінальної). Не допускається застосовувати для аварійного та евакуаційного освітлення ксенонові, металогалогенні, натрієві лампи, а також лампи типу ДРЛ.

Вибір світильників та їх розміщення. Вибір світильника є одним із основних питань проектування штучного освітлення, від правильного вирішення якого залежать не лише якість та економічність, але й надійність та безпека роботи освітлювальної установки.

Вибір світильників проводиться з урахуванням певних вимог: світлотехнічних, пов'язаних з умовами середовища в приміщенні, економічних, естетичних і т. ін.

Світлотехнічні характеристики світильників визначаються, в основному, двома параметрами: відношенням потоку, що випромінюється світильником в нижню півсферу, до повного світлового потоку світильника ($\theta = \Phi_{Н.П.}/\Phi_{СВ}$) та

коефіцієнтом форми кривої сили світла.

За першим параметром (згідно з ГОСТ 17677-82) всі світильники поділяються на п'ять класів: П — прямого світла ($\theta > 80\%$); Н — переважно прямого світла ($60\% < \theta \leq 80\%$); Р — розсіяного світла ($40\% < \theta \leq 60\%$); В — переважно відбитого світла ($20\% < \theta \leq 40\%$) та О — відбитого світла ($\theta \leq 20\%$).

Криві сили світла (КСС) світильників за своєю формою поділяються на сім типів: концентрована (К), глибока (Г), косинусна (Д), півширока (Л), широка (Ш), рівномірна (М), синусна (С).

Типові криві сили світла у відносних одиницях приведені на рис. 3.9.

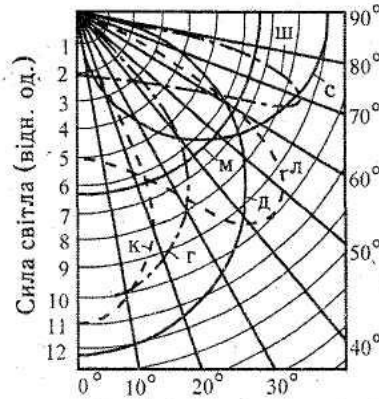


Рис. 3.9. Типові криві сили світла.

Для освітлення приміщень, стіни та стеля яких мають невисокі відбиваючі властивості доцільно застосовувати світильники прямого світла, (наприклад, ЛСП02, ЛСП13, ЛВП06), які, направляючи випромінювання ламп вниз на робочі поверхні, гарантують мінімальні втрати і найкраще використання світлового потоку. Однак слід мати на увазі, що світильники цього класу створюють різкі падаючі тіні від сторонніх предметів, що необхідно враховувати при їх розташуванні.

При освітленні виробничих приміщень, стіни та стеля яких мають високі відбиваючі властивості, доцільно використовувати світильники переважно прямого світла (наприклад, ЛСП06, ЛСП22, ПВЛМ — ДО). Деяке зменшення доли світлового потоку, що безпосередньо випромінюється у нижню півсферу, компенсується покращенням якості освітлення і в той же час мало впливає на енергетичну ефективність освітлювальної установки, оскільки такі світильники мають більш високий ККД в порівнянні з аналогічними світильниками прямого світла.

В адміністративно-конторських приміщеннях доцільно використовувати світильники розсіяного світла (наприклад, ЛСО05, ЛПО26М, ЛСО02), значна частина світлового потоку яких направляється на стіни і стелю і, відбиваючись від них, сприяє усуненню різких тіней, що за характером роботи бажано саме для таких приміщень.

В приміщеннях, де відношення висоти до площі досить велике, доцільно застосовувати світильники з концентрованою чи глибокою кривою сили світла (КСС), які направляють основну частину світлового потоку безпосередньо на ро-

бочі поверхні. В приміщеннях з великою площею та незначною висотою бажано застосувати світильники з широкою формою КСС, що дозволяє навіть при значних відстанях між світильниками забезпечити рівномірний розподіл освітленості на робочих площинах.

При загальному рівномірному освітленні для визначення найраціональнішого світильника в залежності від його КСС можна використовувати відношення відстані L між сусідніми світильниками (або рядами) до висоти h їхнього розташування над робочими поверхнями (табл. 3.13).

Т а б л и ц я 3.13

Рекомендовані та допустимі значення L/h для світильників з різними КСС

Тип КСС світильника (ГОСТ 13828-74)	L/h	
	Рекомендовані значення	Найбільші допустимі значення
Концентрована (К)	0,4 – 0,7	0,9
Глибока (Г)	0,8 – 1,2	1,4
Косинусна (Д)	1,2 – 1,6	2,1
Рівномірна (М)	1,8 – 2,6	3,4
Напівширока (Л)	1,4 – 2,0	2,3

Невідповідність світлотехнічних характеристик світильника розмірам та характеру обробки освітлюваного приміщення викликає зростання установленної потужності, зниження якості освітлення. В свою чергу, невідповідність конструктивного виконання світильника умовам середовища в приміщенні (агресивне, вологе, запилене пожежо-, вибухонебезпечне) знижує довговічність і надійність роботи освітлювальної установки, а в окремих випадках може спричинити пожежу чи вибух. Тому світильники повинні бути з необхідним ступенем захисту від умов зовнішнього середовища в місцях встановлення. Особливо жорсткі вимоги щодо цього стосуються світильників, які встановлюються у вибухо- та пожежонебезпечних приміщеннях.

Відповідно до ГОСТ 14254-80 ступінь захисту електрообладнання, в тому числі і світильників, позначається двома літерами латинського алфавіту "IP" (International Protection — міжнародний захист) і двома цифрами після них. Перша цифра визначає ступінь захисту виробу від попадання всередину твердих тіл різних розмірів, зокрема пилу (табл. 3.14). Друга цифра визначає ступінь захисту виробу від попадання води (табл. 3.15).

Крім того, для світильників, згідно з ГОСТ 17677-82 застосовуються додаткові позначення ступеня захисту від пилу без літер IP, що складаються лише з двох цифр. Перша цифра зі знаком штрих може бути 2', 5' або 6'. Вони визначають характеристику світильників для ступенів захисту відповідно 2, 5, 6, табл. 3.14, але при цьому мають деякі особливості

- 2' — з не ущільненою світлопропускаючою оболонкою (захисне скло);
- 5' — з захистом від пилу, але тільки струмопровідних частин;
- 6' — частково пилонепроникний.

**Ступінь захисту електровиробу,
що визначається першою цифрою позначення**

Перша цифра	Короткий опис
0	Захист відсутній
1	Захист від твердих тіл розміром понад 50 мм
2	Захист від твердих тіл розміром понад 12 мм
3	Захист від твердих тіл розміром понад 2,5 мм
4	Захист від твердих тіл розміром понад 1 мм
5	Захист від пилу
6	Пилонепроникність

**Ступінь захисту електровиробу,
що визначається другою цифрою позначення**

Друга цифра	Короткий опис
0	Захист відсутній
1	Захист від краплин води
2	Захист від краплин води при нахилі до 15°
3	Захист від дощу
4	Захист від бризок
5	Захист від водяних струменів
6	Захист від хвиль води
7	Захист від занурення у воду
8	Захист при тривалому зануренні у воду

Ступінь захисту світильників від умов оточуючого середовища тим вищий, чим більше цифрове позначення, що його визначає. Мінімально допустимі ступені захисту світильників для приміщень з різними умовами середовища наведені в табл. 3.16 та 3.17.

Знак X у ступенях захисту (табл. 3.17) вказує, що ступінь захисту світильника від води визначається в залежності від умов середовища у приміщенні, в якому він встановлюється. У табл. 3.16 та 3.17 враховані загальноприйняті тенденції щодо визначення ступеня захисту світильника. Однак необхідно пам'ятати, що немає правил без винятків, тому кінцевий варіант слід приймати з урахуванням усіх реальних обставин. Слід також врахувати, що завищувати ступінь захисту світильників недоцільно, оскільки при цьому, як правило, зростає його вартість та погіршуються якісні показники освітлення.

В приміщеннях з нормальними умовами середовища (сухі опалювані приміщення), не пред'являється спеціальних вимог, тому рекомендується застосовувати світильники відкритого чи захищеного виконання. Світильники, що встановлюються у вологих та сирих приміщеннях можуть бути будь-якого виконання, однак патрон повинен мати корпус з ізоляційних вологостійких матеріалів.

Т а б л и ц я 3.16

Мінімально допустимі ступені захисту світильників у приміщеннях, де немає вибухо- та пожежонебезпеки

Тип джерела світла	Характеристика середовища в приміщенні						
	Н	В ¹	С ²	ОС ²	Х ^{2, 3}	З ^{4, 5}	Ж
ЛЛ	IP20 2'0	IP23	IP54 5'4	IP54 5'4	IP54 5'4	IP54 5'3	IP20 ⁷
ЛР	IP20	2'3	IP54 ⁶	IP54	IP54	IP51 5'3	IP20

П р и м і т к и: ¹ Допускається використання світильників зі ступенем захисту IP20.

²Краще використовувати світильники з корпусами і відбивачами з вологостійкої пластмаси, фарфору, покриті силікатною емаллю.

³Рекомендуються світильники спеціально призначена для хімічно активного середовища.

⁴Недоцільно використовувати світильники з екрануючими решітками, сітками тощо, що сприяють запиленню.

⁵При обмеженій кількості пилу в зоні установки допускається використання світильників зі ступенем захисту IP20.

⁶Допускається використання світильників зі ступенем захисту IP20 при відсутності краплин води, що падають на світильник, і при наявності фарфорового патрона.

⁷Рекомендується використовувати амальгамні люмінесцентні лампи.

Позначення типу джерела світла: ЛЛ — люмінесцентні лампи; ЛР — лампи розжарювання.

Позначення середовища в приміщенні: Н — нормальне; В — вологе; С — сире (вогке); ОС — особливо сире; Х — хімічно активне; З — запилене; Ж — жарке.

Т а б л и ц я 3.17

Допустимі ступені захисту та рівні вибухозахисту світильників для пожежо- і вибухонебезпечних приміщень (зон)

Тип джерела світла	Ступінь захисту світильника			Рівень вибухозахисту (ступінь захисту світильника)		
	П-I П-II	П-IIa	П-III	В-I	В-Ia В-Ir В-II	В-Iб В-IIa
ЛЛ	5'X	IP2X ¹	IP2X ¹	Вибухонепроникні	Підвищеної надійності проти вибуху	Без засобів вибухозахисту (IP5X)
ЛР	IP5X	2'X ²	2'X			

П р и м і т к и: ¹Вхід у світильник виконаний провідниками з негорючою

оболонкою або в сталій трубі.

²Наявність суцільного ковпака із силікатного скла.

В особливо сирих приміщеннях світильники повинні мати захист від бризок, а іноді й водяних струменів. При цьому корпус світильника та патрон повинні бути виконані з вологостійких матеріалів, а спосіб введення проводів повинен виключати можливість їх замикання між собою або з'єднання з металевими частинами.

В приміщеннях з хімічноактивним середовищем до світильників висуваються ті ж самі вимоги, але при цьому конструктивні елементи світильника та ізоляція проводів для його живлення не повинні змінювати своїх властивостей під впливом оточуючого середовища, тобто повинні вибиратись з урахуванням їх стійкості до хімічних речовин, що виділяються в приміщенні.

В жарких приміщеннях всі конструктивні елементи світильників та ізоляція проводів повинні мати необхідну теплостійкість.

В запилених приміщеннях, якщо пил не є легкозаймистим і не утворює з повітрям вибухонебезпечних концентрацій застосовують світильники відкритого і перекритого, пилозахищеного чи пилонепроникного виконання.

Відкриті світильники, як більш дешеві і з більшим ККД доцільно застосовувати в тих випадках, якщо пил локалізується в основному в нижній частині приміщення, не має властивостей пригорати до нагрітих частин світильника і не проводить електричний струм.

В пожежонебезпечних приміщеннях залежно від ступеня пожежонебезпеки, кількості, розміру та властивостей пилу можуть встановлюватись світильники різноманітного виконання. В пожежонебезпечних приміщеннях, в яких використовуються чи зберігаються горючі рідини з температурою спалаху парів вище 45 °С (категорія П-I), виділяються волокна чи пил, що утворюють з повітрям легкозаймисті (але не вибухонебезпечні) суміші (категорія П-II), дозволяється застосування світильників у повністю пилозахищеному чи повністю пилонепроникному виконанні.

В пожежонебезпечних приміщеннях, в яких знаходяться тверді чи волокнисті матеріали (дерево, тканини, папір), але виключається можливість утворення вибухонебезпечних сумішей (категорія П-Іа), допускається будь-яке виконання світильників.

Особливі вимоги висуваються до світильників, що встановлюються у вибухонебезпечних приміщеннях. Залежно від ступеня вибухонебезпеки приміщення допускається застосування світильників у вибухонепроникному та вибухобезпечному виконанні, а також підвищеної надійності проти вибуху.

У вибухонебезпечних приміщеннях, в яких при нормальній експлуатації можливе виділення горючих газів чи парів, що утворюють з повітрям вибухонебезпечні суміші (категорія В-I), встановлюються світильники тільки у вибухонепроникному виконанні. У вибухонебезпечних приміщеннях, в яких можливе утворення вибухонебезпечних концентрацій лише в аварійних режимах (категорія В-Iа), або в яких при нормальній експлуатації можливе виділення горючого пилу чи волокон, що здатні утворювати з повітрям вибухонебезпечні су-

міші (категорія В-II), допускається застосування світильників підвищеної надійності проти вибуху.

В таблицях 3.18 та 3.19 наведені дані, що допоможуть правильно вибрати тип світильника з лампами розжарювання чи люмінесцентними лампами залежно від умов оточуючого середовища. Вибір марки проводу та кабеля для підведення живлення до світильника та типу проводки залежно від умов оточуючого середовища здійснюється за таблицями 3.20 та 3.21.

Т а б л и ц я 3.18

**Вибір світильників з лампами розжарювання
залежно від умов оточуючого середовища**

Характеристика середовища в приміщенні	Допустимі типи світильників	Характеристика конструкції світильника
Нормальне Вологе і сире	Всі типи У, У _М , Г _Э , Л _Щ , Ф _М , Ш _М , П _У	— Корпус патрона лампи повинен бути виготовлений з ізоляційних вологостійких матеріалів
Особливо сире Хімічноактивне	Л _Щ , У, У _М , Г _З , Г _Э , СПО, Ф _М Л _Щ , Ф _М , Г _Э , СХ, НОБ, спеціальні для приміщень з хімічно активним середовищем	В особливо сирих приміщеннях та приміщеннях з хімічноактивним середовищем всі частини світильника, доступні впливу оточуючого середовища повинні бути захищені відповідними покриттями.
Запилене	А, У, У _М , У _П , Г _Э , Г _Г , ПУ, ПГТ, СХ, РН, НОБ, Ф _М , РНЛ	Відкриті, пилозахищені або пилонепронекні залежно від кількості та характеру пилу.
Пожежонебезпечне: П-I	Ф _М , ПУ, ПГТ, РН, СХ., НОБ, ППД	Пилозахищені чи пилонепроникні.
П-II	Ф _М , ПУ, РН, НОБ, У, У _М , У _П , Г _Э , Г _П , ПГТ	Пилонепроникні, при наявності загальної вентиляції та місцевого відсмоктування відходів допускаються відкриті або в захисному виконанні.
П-Ша, П-ШІ	Ф _М , Ш _М , У _М , Г _М , Г _Э , ПУ, РН	Будь-якого виконання.
Вибухонебезпечне: В-I	ВЗГ, ВЗБ, В4А	Вибухонепроникне виконання.
В-Iа, В-Iг	ВЗБ, ВЗГ, В4А, В4Б	Вибухобезпечне виконання.
В-Iб	ПУ, ПГТ, РН, СХ, НОБ, Ф _М	Пилонепроникне виконання.
В-II	НОБ, ВЗГ, ВЗБ, В4А, В4Б	Вибухобезпечне виконання.
В-Ша	Ф _М , ПУ, Пчт, РН, СХ., НОБ, ВЗГ, В4А	Пилонепроникне виконання, що відповідає характеру пилу.

Для обмеження засліплювальної дії світильників загального освітлення та розсіювання УФ частин спектру світла (газорозрядні лампи) висота їх підвісу має бути не менше вказаної в табл. 3.22 та 3.23.

Висота підвісу світильників з ртутними лампами високого тиску з виправ-

леною кольоровістю має бути не менше 4 м — при лампах потужністю до 400 Вт та 6 м — при лампах потужністю від 400 Вт і більше.

Таблиця 3.19

Область застосування світильників з люмінесцентними лампами залежно від умов оточуючого середовища

Тип світильників	Характеристика середовища в приміщенні																	
	нормальне	вологе	сире	особливо сире	запалене	хімічно-активне	пожежонебезпечне			вибухонебезпечне								
							П-I	П-II	П-IIa	П-III	В-I ¹	В-Ia ²	В-Iб	В-II ²	В-IIa			
ОД, ОДО	+	+	х	-	х*	-	-	х**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ОДОР	+	+	х	-	х*	-	-	х**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
МОДР, ПВЛ	х	х	х	+	х	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
МЛ	+	х	-	-	х*	-	-	х**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ВОД, ВЛБ	х	+	+	х	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ВЛН, ПЛУ, ШОД, ШЛП	+	х	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
РЗЛ	-	(-)	(-)	-	х	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
НОГЛ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	х	-	х	-	+
СХЛ	-	-	-	(-)	(-)	+	(-)	х	х	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ПНЗ	+	+	х	-	х*	-	-	х**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Примітка. Умовні позначення: + — рекомендується; х — допускається; (-) — допускається в виняткових випадках при обгрунтованій необхідності; - — забороняється; х* — застосовується при обмеженій кількості пилу в зоні установки; х** — застосовується тільки в приміщеннях, що мають загальну вентиляцію та загальне відсмоктування відходів; ¹ — світильники вибухонебезпечного виконання; ² — світильники будь-якого вибухонебезпечного виконання.

Продовження таблиці 3.21

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Відкрита по поверхні стін та стелі	АПР на ізоляторах	х	х	х	х	–	–	–	–	–	–
	Голі алюмінієві проводи на ізоляторах АТПРФ, АВРГ	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	АСРГ, АСРА АНРГ АППВ та АПН	+	х	х	х	–	х	х	–	–	х
Закрита	АПР в тонких ізоляційних трубах	+	+	–	–	–	–	–	–	–	–
	АПР і АПРТО в сталевих трубах	х	х	х	х	+	+	+	+	+	+
	АППВ і АПН в будівельних конструкціях під штукатуркою	+	+	+	–	–	–	–	–	–	–
	АПР в ізоляційних трубах	х	х	х	–	–	–	–	–	–	–
	АПРТО в сталевих трубах	х	х	х	+	+	+	+	+	+	+
	АПР в каналах будівельних конструкцій	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Примітка. Умовні позначення: + – рекомендується; х – допускається, якщо це доцільно для конкретних умов; – – заборонено або застосування недоцільне.

Таблиця 3.22

Найменша висота підвісу над підлогою чи робочим майданчиком світильників загального освітлення з люмінесцентними лампами

Характеристика світильників	Захисний кут світильника в поперечній та поздовжній площинах, град.	Найменша висота підвісу при кількості ламп в світильнику, м	
		4 і менше	більше 4
1	2	3	4

Продовження таблиці 3.22

1	2	3	4
Світильники: прямого світла з дифузними відбивачами	15 – 25 25 – 40 більше 40	4 3 не обмежується	4,5 3,5 не обмежується
Світильники розсіяного світла з коефіцієнтом пропускання розсіювачів: менше 55 % від 55 до 80 %	– –	2,6 3,5	3,2 4,0

Т а б л и ц я 3.23

**Найменша висота підвісу над підлогою
світильників загального освітлення з лампами розжарювання**

Характеристика світильників	Найменша висота підвісу, м	
	при лампах 200 Вт і менше	при лампах більше 200 Вт
Світильники з дифузними відбивачами з захисним кутом в межах від 10° до 30° без розсіювачів	3	4
Те саме з захисним кутом більше 30°	Не обмежується	3
Світильники з дзеркальними відбивачами	2,5	3
Світильники без відбивачів з розсіювачами: з коефіцієнтом пропускання 55 – 80 %	3	4
з коефіцієнтом пропускання до 55 %	2,5	3
Відкриті лампи з колбою із матового скла	4	6

Висоту підвісу світильників з лампами розжарювання (табл. 3.23) допускається зменшувати на 0,5 м в наступних випадках:

- при застосуванні ламп з колбою із матового скла;
- при одному загальному освітленні приміщень, освітленість яких за нормами становить менше ніж 50 лк;
- при освітленні приміщень, довжина яких не перевищує подвійної висоти підвісу світильників над підлогою;
- при освітленні приміщень з тимчасовим перебуванням людей.

Світильники місцевого освітлення розташовуються безпосередньо на робочих місцях або вбудовуються в технологічне обладнання.

Для місцевого освітлення на окремих технологічних операціях і на робочих місцях слід передбачати світильники з відбивачами, що не просвічуються і мають захисний кут не менше 30°. Відбивачі з захисним кутом від 10° до 30° допускається передбачати при розташуванні світильників нижче рівня очей працівників.

При улаштуванні місцевого освітлення для точних робіт з металевими та іншими блискучими поверхнями необхідно проектувати розташування світиль-

ників таким чином, щоб дзеркальне відображення світної поверхні світильника від робочої поверхні не співпадало з лінією зору працівника.

Світильники для ламп розжарювання та люмінесцентних ламп, які часто використовуються для штучного освітлення приміщень та робочих місць наведені на рис. 3.10 та 3.11.

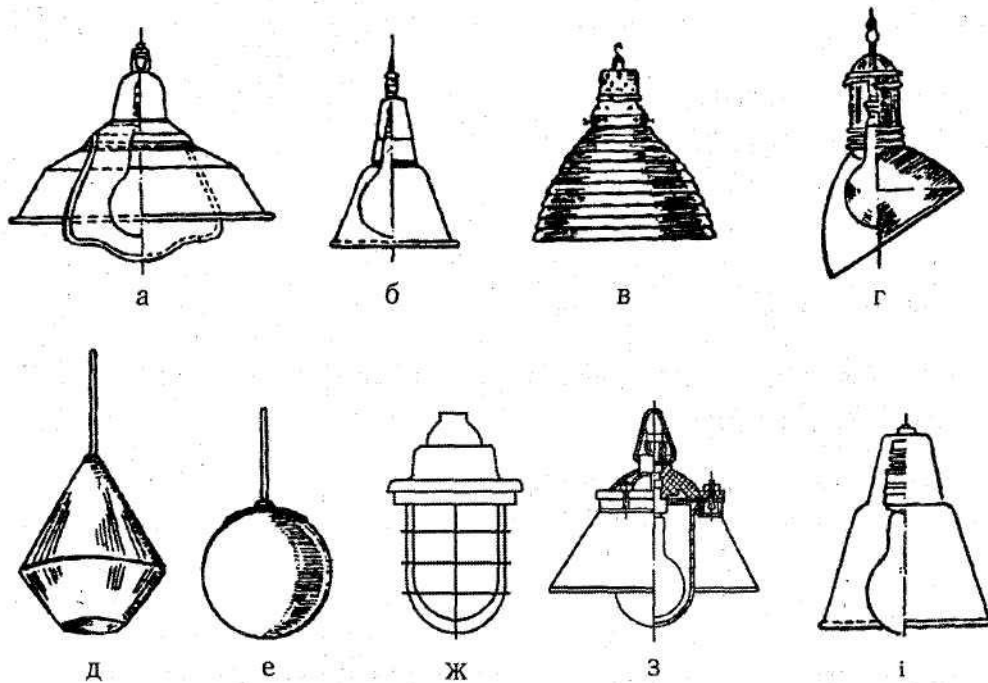


Рис. 3.10. Світильники для ламп розжарювання:

а – "Універсаль" (У, УМ); б – глибоковипромінювач емальований (Гэ); в – глибоковипромінювач дзеркальний (Гз); г – кососвіт ; д – люцета з суцільного скла (НСП-07); е – куля з молочного скла (ПО-02); ж – вибухонепроникний (ВЗГ); з – промисловий ущільнений (ПУ); і – місцевого освітлення "Альфа"

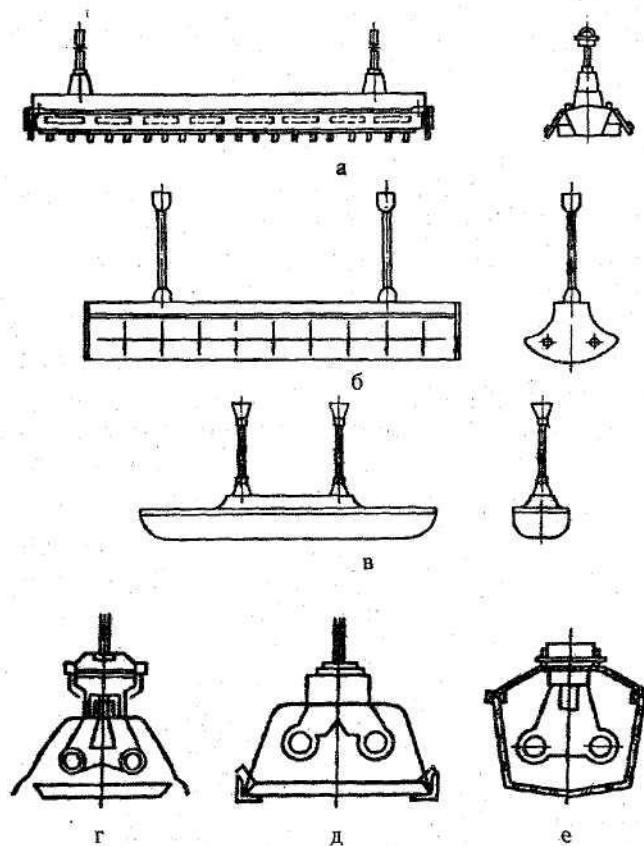


Рис. 3.11. Світильники для люмінесцентних ламп: а – ОД, ОДР, ОДО, ОДОР; б – ШЛД, ШОД; в – ПВЛ; г – ПВЛМ, ЛД; д – ЛСП02, ЛСП06; е – ПВЛП

Критерієм оцінки економічності при виборі світильників є приведені витрати. Однак, враховуючи складність та трудомісткість таких розрахунків, а також те, що основною складовою річних експлуатаційних витрат є витрати на оплату за використану електроенергію, порівняльну оцінку економічності світильників можна здійснити за показником корисної світлової віддачі. Для цього визначають добуток коефіцієнта використання на світлову віддачу ламп у світильнику (за умови, що світильники не надто відрізняються за ціною).

4.3. РОЗРАХУНОК ШТУЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ

Загальні положення розрахунку. Завдання світлотехнічного розрахунку системи штучного освітлення полягає у визначенні потужності джерел світла за заданою освітленістю, або у визначенні за заданим розміщенням світильників і відомій потужності джерел світла освітленості на розрахунковій площині і розподілення яскравості в полі зору.

Вирішення як першого, так і другого завдань, які часто в світлотехніці називаються прямим та перевірочним розрахунками, вимагає в загальному випадку як розрахунку розподілення світлових потоків, що безпосередньо падають від світильників на розрахункову площину, стелю, стіни, так і розрахунку потоків світла, що багаторазово відбиваються між поверхнями, які обмежують освітлюване приміщення.

Сумарна освітленість у заданій точці розрахункової площини (E_p) може, в загальному вигляді розглядатись, як сума двох доданків:

$$E_p = (E_p)_{\text{пр}} + (E_p)_B, \quad (3.10)$$

де $(E_p)_{\text{пр}}$ – пряма складова освітленості;

$(E_p)_B$ – відбита складова освітленості.

Розподілення відбитої складової освітленості на розрахунковій площині, як правило, вважається рівномірним, розподілення ж прямої складової освітленості може бути суттєво нерівномірним, оскільки залежить як від світлорозподілу так і від розміщення світильників у просторі, що освітлюється.

Якщо обидві складові освітленості (пряма та відбита) розподіляються майже рівномірно, то для розрахунку середньої освітленості прийнято користуватись *коефіцієнтом використання світлового потоку*, під яким розуміють відношення світлового потоку, що падає на розрахункову площину (F_p) до сумарного світлового потоку джерел світла:

$$\eta = \frac{F_p}{n \cdot F_{\text{л}}}, \quad (3.11)$$

де $F_{\text{л}}$ – світловий потік джерела світла (лампи), лм;

n – кількість джерел світла.

Коефіцієнт використання освітлювальної установки, як впливає з (3.11), визначає ефективність використання світлового потоку джерела світла. Його величина залежить від багатьох факторів, основними з яких є світлорозподіл та розміщення світильників в приміщенні, ККД світильників, співвідношення розмірів приміщення і відбиваючих властивостей поверхонь, що обмежують приміщення.

В тих випадках, коли умови рівномірності розподілення прямої складової освітленості не витримується, або коли необхідно проаналізувати фактичне розподілення освітленості на розрахунковій площині, виникає необхідність у окремих розрахунках прямої та відбитої складових освітленості.

Для розрахунку прямої складової освітленості використовують різноманітні методи, які визначаються, в основному, типом світильників і їх розміщенням у просторі, що освітлюється.

Вибір методу розрахунку. Для розрахунку штучного освітлення використовують, в основному, три методи: світлого потоку (коефіцієнта використання), точковий та питомої потужності.

Метод світлового потоку, як правило, використовують для розрахунку потужності освітлювальної установки при рівномірному розміщенні світильників загального освітлення над горизонтальною площиною, коли відсутні крупногабаритні затінюючі предмети. При розрахунку за цим методом враховується як пряме так і відбите світло. Перехід від середньої освітленості до мінімальної здійснюється в цьому методі наближено.

Метод питомої потужності використовується в тих же випадках, що і метод світлового потоку. Цей метод вважається наближеним, оскільки простота розрахунку досягається за рахунок деякої втрати точності.

Загальне локалізоване освітлення, а також загальне рівномірне при наявності суттєвих затінь повинні розраховуватись за точковим методом. Цей же метод використовується при розрахунку освітленості похилих площин та відкритих просторів, а також місцевого освітлення. Відбита складова освітленості у точковому методі враховується наближено.

Метод світлового потоку. Основне розрахункове рівняння методу світлового потоку, за яким можна визначити світловий потік лампи світильника, має такий вигляд:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{ESK_3Z}{Nn\eta} \quad (3.12)$$

де E – нормована освітленість, лк;

S – площа приміщення, що освітлюється, м²;

K_3 – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в результаті забруднення та старіння ламп (табл. 3.24);

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення ($Z = 1,15$ для ламп розжарювання та ДРЛ; $Z = 1,1$ для люмінесцентних ламп, якщо відношення L/h не перевищує встановлених значень);

N – кількість світильників;

n – кількість ламп у світильнику;

η – коефіцієнт використання світлового потоку.

Нормована освітленість E приймається відповідно до СНиП II-4-79 (табл. 3.1), або розроблених на їх основі галузевих норм.

Коефіцієнт η визначається за світлотехнічними таблицями залежно від показника приміщення i , коефіцієнтів відбиття стін та стелі. Показник приміщення i вираховується за формулою:

$$i = \frac{ab}{h(a+b)} \quad (3.13)$$

де a і b – довжина і ширина приміщення, м;

h – висота світильника над робочою поверхнею, м.

При величині показника приміщення $i > 5$ коефіцієнт використання приймається як при $i = 5$.

Значення коефіцієнт використання для найбільш розповсюджених типів наведені в табл. 3.25 і 3.26.

**Значення коефіцієнта запасу K_3
залежно від характеристики приміщення**

Характеристика приміщення	Приклади приміщень	Значення K_3 при освітленні лампами	
		газорозрядними	розжарювання
1. Робочі приміщення з повітряним середовищем, що містить в робочій зоні: а) більше 5 мг/м ³ пилу, диму, кіптяви	Агломераційні фабрики, цементні заводи, обрубні відділення ливарних цехів	2	1,7
	Цехи ковальські, ливарні, мартенівські, зварювальні, збірного залізобетону	1,8	1,5
	Цехи інструментальні, складальні, механічні, швейні, ткацькі, деревообробні	1,5	1,3
	Цехи хімічних заводів з виготовлення кислот, лугів, їдких хімічних реактивів, отрутохімікатів, мінеральних добрив; цехи гальванічних покриттів і гальванопластичних різних галузей промисловості з застосуванням електролізу	1,8	1,5
2. Виробничі приміщення з особливим режимом за чистотою повітря при обслуговуванні світильників: а) з технічного поверху б) знизу приміщення	–	1,3	1,15
	–	1,4	1,2
3. Приміщення громадських і житлових будівель	Кабінети і робочі приміщення громадських будівель, житлові кімнати, навчальні приміщення, читальні зали, зали нарад, торговельні зали тощо	1,5	1,3

Визначивши світловий потік лампи Φ_{λ} , за таблицею вибирають найближчу стандартну лампу (табл. 3.27, 3.28), причому її світловий потік не повинен відрізнятися від розрахункового більше ніж на $(-10) - (+20)\%$. При неможливості вибрати лампу з таким наближенням коректується кількість ламп у світильнику (n), або ж кількість світильників (N). Якщо вже є відомим вид світильника та кількість і тип ламп в ньому, тобто відомий світловий потік світильника, то розрахунок зводиться до визначення N . Інколи формула (3.12) може бути використана і для

перевірочного розрахунку коли визначається очікувана освітленість поверхні при відомих всіх інших значеннях.

Коди як джерела світла використовуються люмінесцентні лампи, то їх доцільно розташовувати рядами. Оскільки довжина цих ламп значна необхідно співставляти сумарну довжину ряду світильників з люмінесцентними лампами з довжиною приміщення. При цьому можливі такі випадки:

– сумарна довжина світильників, що розташовані в ряд перевищує довжину приміщення: необхідно застосовувати більш потужні лампи, у яких світловий потік на одиницю довжини більший, або збільшувати кількість ряду, чи компонувати ряди із подвоєних, потроєних і т. д. світильників;

– сумарна довжина ряду світильників рівна довжині приміщення: необхідно встановити неперервний ряд світильників;

– сумарна довжина ряду світильників менша довжини приміщення: необхідно світильники розмістити в ряд через рівномірні проміжки, які, як правило, не повинні перевищувати 0,5 розрахункової висоти.

Т а б л и ц я 3.25

**Коефіцієнти використання світлового потоку світильників
з лампами розжарювання**

Тип світильника	У; УПМ – 15 “Астра – 1,12”	Гс ; ГсУ	ПО – 21	НСП02; НСП03	ВЗГ – 100М
$\rho_{стел}, \%$	70 50 30	70 50 30	70 50 30	70 50 30	70 50 30
$\rho_{стн}, \%$	50 30 10	50 30 10	50 30 10	50 30 10	50 30 10
i	Коефіцієнти використання, %				
0,5	22 20 17	55 50 48	23 20 17	10 7 5	13 8 6
0,6	32 26 23	59 54 51	28 25 20	15 10 7	17 12 9
0,7	39 34 30	62 59 54	31 29 25	19 14 10	20 16 13
0,8	44 38 34	66 62 58	38 34 30	21 16 12	23 19 16
0,9	47 41 37	68 64 61	39 36 33	24 18 15	24 20 17
1,0	49 43 39	70 66 63	42 38 34	26 20 17	25 21 18
1,1	50 45 41	72 67 65	43 39 35	27 21 18	26 22 19
1,25	52 47 43	74 70 67	46 41 37	28 23 19	28 23 20
1,5	55 50 46	77 73 71	49 44 39	31 25 21	29 24 22
1,75	58 53 48	79 76 74	52 46 41	33 27 22	30 26 24
2,0	60 55 51	82 80 76	54 48 44	35 29 23	31 28 25
2,25	62 57 53	83 81 77	56 50 45	37 30 25	32 29 26
2,5	64 59 55	85 82 79	58 51 47	39 32 27	33 30 28
3,0	66 62 58	86 83 80	60 53 50	43 35 29	35 33 31
3,5	68 64 61	88 85 82	62 56 52	45 37 31	37 34 33
4,0	70 66 62	88 86 83	63 57 53	47 39 32	38 36 34
5,0	73 69 64	89 86 84	65 58 56	50 42 35	39 37 35
$\Phi_{н.л.}, \%$	75	80	52	42	48
$\Phi_{в.л.}, \%$	0	0	28	28	0

Т а б л и ц я 3.26

**Коефіцієнти використання світлового потоку світильників
з люмінесцентними лампами**

Тип світильника	ПВЛМ-Р	ЛОУ	ШОД	ЛПО01	ЛСП01
$\rho_{стел}, \%$	70 50 30	70 50 30	70 50 50	70 50 50	70 50 50
$\rho_{стін}, \%$	50 30 10	50 30 10	50 50 30	50 50 30	50 50 30
i	Коефіцієнти використання, %				
0,5	25 18 13	26 21 16	22 16 14	25 23 20	25 23 22
0,6	29 22 17	30 24 20	28 21 18	31 29 24	31 29 26
0,7	34 26 20	34 28 24	32 24 21	36 34 28	35 33 30
0,8	36 28 23	37 31 27	35 27 24	39 37 32	38 36 32
0,9	40 31 25	40 34 30	38 30 27	42 41 35	41 38 35
1,0	43 34 28	43 37 32	41 32 29	46 44 38	43 40 37
1,1	45 36 30	45 39 34	43 34 31	48 46 41	45 42 39
1,25	47 38 32	48 42 37	46 37 34	51 49 44	47 44 41
1,5	51 42 35	51 46 41	50 40 37	55 53 49	50 46 44
1,75	54 45 38	54 49 44	53 43 40	58 57 52	52 49 47
2,0	56 47 40	56 50 46	55 45 42	61 59 55	54 50 48
2,25	58 49 42	58 52 48	57 47 44	63 62 57	56 52 50
2,5	60 51 44	60 54 50	59 48 45	65 64 59	57 53 51
3,0	63 53 46	62 56 52	61 50 48	68 66 62	59 54 52
3,5	64 54 48	63 57 53	63 52 50	70 68 64	60 56 54
4,0	66 56 49	64 58 55	65 54 52	71 69 66	61 56 55
5,0	68 59 52	66 61 58	67 56 53	75 72 70	63 58 57
$\Phi_{н.п.}, \%$	54	62	40	74	53
$\Phi_{в.п.}, \%$	28	10	45	0	16

П р и м і т к а. $\Phi_{н.п.}$ – світловий потік світильника у нижню півсферу;
 $\Phi_{в.п.}$ – світловий потік світильника у верхню півсферу.

Т а б л и ц я 3.27

Технічні дані деяких ламп розжарювання та люмінесцентних ламп

Лампи розжарювання							Люмінесцентні лампи загального призначення			
загального призначення (U=220 В)			місцевого освітлення							
Потуж- ність, Вт	Тип лам- пи	Світло- вий по- тік, лм	Потуж- ність, Вт	Тип лам- пи	На- пру- га, В	Світло- вий по- тік, лм	Потуж- ність, Вт	Тип лам- пи	Світло- вий по- тік, лм	Довжина лампи, м
25	В	220	15	МО	12	200	20	ЛДЦ	850	0,6
40	Б	400	25	МО	12	380	20	ЛД	1000	0,6
40	БК	460	40	МО	12	620	20	ЛБ	1200	0,6
60	Б	715	60	МО	12	850	30	ЛДЦ	1500	0,9
60	БК	790	25	МО	36	300	30	ЛД	1800	0,9
100	Б	1350	40	МО	36	600	30	ЛБ	2180	0,9
100	БК	1450	60	МО	36	800	40	ЛДЦ	2200	1,2
150	Г	2000	100	МО	36	1550	40	ЛД	2500	1,2
150	Б	2100	40	МОЗ	12	400	40	ЛБ	3200	1,2
200	Г	2800	60	МОЗ	12	660	80	ЛДЦ	3800	1,5
200	Б	2920	60	МОЗ	36	650	80	ЛД	4300	1,5
300	Г	4600	100	МОЗ	36	1200	80	ЛБ	5400	1,5

**Технічні дані ртутних дугових ламп (ДРЛ)
та металогалогенних ламп (ДРН)**

Тип лампи	Потужність, Вт	Напруга живлення, В	Світловий потік, лм	Тип лампи	Потужність, Вт	Напруга живлення, В	Світловий потік, лм
ДРЛ 80	80	115	3200	ДРН 250	250	220	18700
ДРЛ 125	125	125	5600	ДРН 400	400	220	32000
ДРЛ 250	250	130	11000	ДРН 700	700	220	59500
ДРЛ 400	400	135	19000	ДРН 1000	1000	220	90000
ДРЛ 700	700	140	35000	ДРН 2000	2000	380	190000
ДРЛ 1000	1000	145	50000				

Приклад 3.2. Розрахувати систему загального рівномірного освітлення з лампами розжарювання для виробничого приміщення, в якому виконуються зоріві роботи високої точності (розряд Шв).

Розміри приміщення: довжина $a = 12$ м, ширина $b = 5$ м, висота $H = 3,2$ м. Приміщення має світлу побілку: коефіцієнт відбиття $\rho_{\text{СТЕЛІ}} = 70\%$, $\rho_{\text{СТІН}} = 50\%$. Висота робочих поверхонь (столів) $h_p = 0,7$ м. Для освітлення прийнято світильники типу УПМ–15, які підвішуються до стелі; відстань від світильника до стелі $h_c = 0,5$ м. Мінімальна освітленість за нормами $E = 200$ лк.

Визначаємо висоту підвісу світильників над підлогою
 $h_0 = H - h_c = 3,2 - 0,5 = 2,7$ м.

Для світильників загального освітлення з лампами розжарювання потужністю до 200 Вт мінімальна висота підвісу над підлогою відповідно до СНиП II-4-79 повинна бути 2,5 – 4,0 м, залежно від характеристики світильника. В нашому випадку h_0 відповідає цій вимозі.

Висота підвісу світильника над робочою поверхнею дорівнює (рис. 3.12):
 $h = h_0 - h_p = 2,7 - 0,7 = 2,0$ м.

Рівномірність освітлення досягається при відповідному співвідношенні відстані між світильниками L і висоти їх підвісу h (табл. 3.13). Визначимо рекомендовану відстань між світильниками:

$$L = 0,7h = 0,7 \cdot 2 = 1,4 \text{ м.}$$

Необхідна кількість світильників становить:

$$N = \frac{ab}{L^2} = \frac{12 \cdot 5}{1,4^2} = 15,3$$

Приймаємо 14 світильників, враховуючи розміри приміщення розміщуємо їх у два ряди по 7 штук (рис. 3.13).

Показник приміщення i становить:

$$i = \frac{ab}{h(a+b)} = \frac{12 \cdot 5}{2(12+5)} = 1,76$$

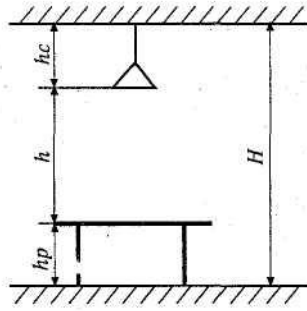


Рис. 3.12. Схема визначення висоти підвісу світильника

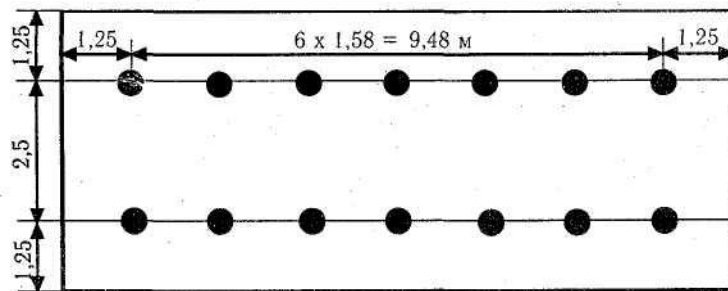


Рис. 3.13. Схема розташування світильників УПМ-15 у приміщенні

За табл. 3.25 знаходимо коефіцієнт використання $\eta = 0,58$ для світильника УПМ-15 при $i = 1,75$, $\rho_{\text{СТЕЛИ}} = 70\%$, $\rho_{\text{СТИН}} = 50\%$.

Світловий потік одного світильника, а значить і лампи, оскільки за конструктивним виконанням у світильнику встановлюється лише одна лампа, дорівнює

$$\Phi_{\text{Л}} = \frac{ESK_3 Z}{N\eta} = \frac{200 \cdot 60 \cdot 1,3 \cdot 1,15}{14 \cdot 0,58} = 2209 \text{ лм}$$

За табл. 3.27 вибираємо лампу Б-150 потужністю 150 Вт, світловий потік якої становить 2100 лм. Хоча це значення на 5% менше розрахункового, однак не перевищує встановлену норму $-10\% < \Delta\Phi_{\text{Л}} < +20\%$.

Сумарна електрична потужність усіх світильників, встановлених у приміщенні становить:

$$\sum P_{\text{СВ}} = P_{\text{СВ}} N = 150 \cdot 14 = 2100 \text{ Вт}$$

Приклад 3.3. Провести розрахунок системи загального рівномірного освітлення люмінесцентними лампами для тих же умов, що й в прикладі 3.2.

Мінімальне освітлення приміщення, в якому виконуються зорові роботи розряду Шв становить $E = 300 \text{ лм}$ (табл. 3.1). Як світлові пристрої приймаємо світильники типу ЛПО01 (з двома лампами), які доцільно використовувати в нашому випадку. Оскільки світильники кріпляться до стелі, то їх висота над підлогою майже рівна висоті приміщення $h_0 = 3,2 \text{ м}$, що не суперечить вимогам СНиП II-4-79, відповідно до яких $h_{0 \text{ min}} = 2,6 - 4 \text{ м}$, коли у світильнику менше 4-х ламп, і $h_{0 \text{ min}} = 3,2 - 4,5 \text{ м}$ – при 4-х і більше ламп.

Визначимо висоту світильника над робочою поверхнею: $h = h_0 - h_p = 3,2 - 0,7 = 2,5 \text{ м}$.

Показник приміщення i становить:

$$i = \frac{ab}{h(a+b)} = \frac{12 \cdot 5}{2,5(12+5)} = 1,4$$

При $i = 1,5$ ($i = 1,4$ немає), $\rho_{СТЕЛ}$ = 70%, $\rho_{СТІН}$ = 50% для світильника ЛПО01 коефіцієнт використання дорівнює $\eta = 0,55$ (табл. 3.26).

Визначимо необхідну кількість світильників, для забезпечення необхідної нормованої освітленості робочих поверхонь, якщо відомо, що в кожному світильнику встановлено по дві лампи ЛБ-40, а світловий потік однієї такої лампи становить $\Phi_0 = 3200$ лм:

$$N = \frac{ESK_3 Z}{2\Phi_{л}\eta} = \frac{300 \cdot 60 \cdot 1,7 \cdot 1,1}{2 \cdot 3200 \cdot 0,55} = 9,6$$

Приймаємо 10 світильників, які для забезпечення рівномірності освітлення розташовуємо в два ряди по 5 штук в кожному. Оскільки довжина світильника мало що більша за довжину люмінесцентної лампи, встановленої в ньому, то загальна довжина усіх світильників у ряді становитиме $\Sigma L_{СВ} = 1,2 \cdot 5 = 6$ м. Це значення менше довжини приміщення, тому між світильниками будуть розриви 1,0 м. (рис. 3.15).

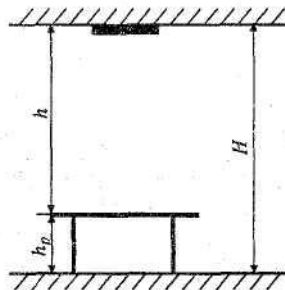


Рис. 3.14. Схема визначення висоти підвісу світильника

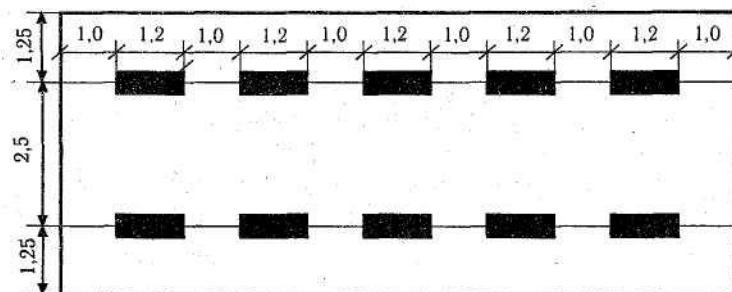


Рис. 3.15. Схема розташування світильників ЛПО01 у приміщенні

Визначимо сумарну електричну потужність усіх світильників, встановлених в приміщенні:

$$\Sigma P_{СВ} = P_{л} N \cdot n = 40 \cdot 10 \cdot 2 = 800 \text{ Вт.}$$

Порівнявши результати прикладів 3.2 і 3.3 видно, що сумарна електрична потужність світильників з люмінесцентними лампами майже в 2,5 рази менша ніж з лампами розжарювання при однакових розрахункових умовах.

Метод питомої потужності. Для розрахунку потужності світильників, що освітлюють горизонтальну площину, коли вони розташовані рівномірно можна

використати метод питомої потужності. Цей метод, який розробив Г. М. Кнор-ринг на основі методу коефіцієнта використання, дозволяє дещо наближено, однак швидко і просто вирішити завдання щодо розрахунку сумарної усталеної потужності освітлювальної установки.

Під *питомою потужністю* розуміють відношення сумарної потужності джерел світла до площі поверхні, що освітлюється. Її широко використовують для оцінки економічності прийнятих рішень, самоконтролю розрахунків, попереднього визначення освітлювального навантаження на початкових стадіях проектування. Для розрахунку використовуються таблиці питомої потужності з урахуванням: рівня освітленості, значення розрахункової висоти; площі приміщення; типу світильника; коефіцієнта запасу; коефіцієнта відбиття поверхонь приміщення. Для люмінесцентних ламп табличні значення відповідають освітленості 100 лк. При іншій освітленості E табличне значення питомої потужності p змінюється пропорційно відношенню $E/100$. Питома потужність також прямо пропорційна коефіцієнту запасу світильника, тому при значеннях цього коефіцієнта відмінних від значень, що наведені в таблицях, необхідно зробити пропорційний перерахунок.

В тих випадках, коли фактичні коефіцієнти відбиття стелі, стін, підлоги приміщення відрізняються від значень, для яких розраховані таблиці питомої потужності, можна скористатись коефіцієнтами перерахунку, які наведені в табл. 3.29.

Т а б л и ц я 3.29

Коефіцієнти перерахунку значень питомої потужності

Коефіцієнти відбиття стелі, стін, підлоги приміщення		Коефіцієнти перерахунку
табличні	задані	
70; 50; 30	70; 50; 10	0,9
50; 30; 10	70; 50; 10	0,9
50; 30; 10	70; 50; 30	0,8
50; 30; 10	30; 10; 10	1,1

Значення питомої потужності для найрозповсюджених типів світильників наведені в таблицях 3.30 – 3.36.

Порядок використання таблиць при лампах розжарювання і лампах типу ДРЛ наступний:

– вибирають всі рішення стосовно освітлення приміщення, включно з числом світильників N ;

– у відповідній таблиці знаходять значення питомої потужності p ;

– визначають потужність лампи за формулою:

$$P_{л} = \frac{pS}{N}; \quad (3.14)$$

– вибирають найближчу за значеннями стандартну лампу.

Т а б л и ц я 3.30

Питома потужність загального рівномірного освітлення.

Світильники УПМ–15, У, "Астра – 1, 11,12"

(враховані значення $\rho_{СТЕЛІ} = 50\%$; $\rho_{СТІН} = 30\%$; $\rho_{ПІДЛ} = 10\%$; $K_3 = 1,3$; $z = 1,15$)

$h, \text{ м}$	$S, \text{ м}^2$	Питома потужність, $\text{Вт}/\text{м}^2$, при освітленості, лк , рівній						
		5	10	20	30	50	75	100
2 – 3	10 – 15	2,5	4,5	8	11,3	18,4	26,4	33,6
	15 – 25	2,1	3,7	6,5	9,1	14,5	21	26,7
	25 – 50	1,8	3,2	5,6	7,7	12,5	17,8	22,5
	50 – 150	1,5	2,7	4,7	6,5	10,6	15	19,4
	150 – 300	1,3	2,3	4,1	5,6	9,4	13,3	17
	> 300	1,2	2,1	3,8	5,2	8,7	12,4	15,5
3 – 4	10 – 15	3,6	6,1	12,3	16,4	25	35,8	45,8
	15 – 20	2,9	4,9	9,1	12,9	21,4	28,7	38,8
	20 – 30	2,4	4	7,3	10,6	17,4	23,2	31
	30 – 50	1,9	3,3	5,8	8,5	13,4	18,8	24
	50 – 120	1,6	2,8	4,8	7,3	11,3	15,6	19,9
	120 – 300	1,3	2,3	4,1	6,1	9,5	13	16,7
>300	1,1	1,9	3,6	5,3	8,2	11	14,6	
4 – 6	10 – 17	5	9,3	20,4	25,5	32,8	50	66,6
	17 – 25	3,7	7,1	14,6	19,3	26,9	41,6	55,5
	25 – 35	2,7	5,1	9,7	13,1	20,4	31,7	42,3
	35 – 50	2,2	3,8	7,5	10,4	16,2	24,2	32,2
	50 – 80	1,8	3,1	5,9	8,4	12,9	19	25,3
	80 – 150	1,5	2,6	5	7	10,6	15,6	20,8
	150 – 400	1,2	2,2	4,2	5,9	9	13,4	17,8
	> 400	1	1,8	3,4	4,9	7,4	10,9	14,5

Т а б л и ц я 3.31

Питома потужність загального рівномірного освітлення. Світильники Гс,

ГсУ (враховані значення $\rho_{СТЕЛІ} = 50\%$; $\rho_{СТІН} = 30\%$; $\rho_{ПІДЛ} = 10\%$; $K_3 = 1,3$; $z = 1,15$)

$h, \text{ м}$	$S, \text{ м}^2$	Питома потужність, $\text{Вт}/\text{м}^2$, при освітленості, лк , рівній					
		10	20	30	50	75	100
1	2	3	4	5	6	7	8
6 – 8	25 – 35	3	5,2	9,2	11,9	17,4	21
	35 – 50	2,6	4,7	7,4	10,8	15	19,1
	50 – 65	2,4	4,4	6,4	9,8	13,8	17,5
	65 – 90	2,2	4,1	6	9,1	12,7	16,3
	90 – 135	2	3,8	5,4	8,3	11,7	14,9
	135 – 250	1,8	3,5	5	7,7	10,8	13,8
	250 – 500	1,7	3,2	4,7	7,1	9,9	12,7
	> 500	1,5	2,8	4,1	6,3	8,8	11,4
8 – 12	50 – 70	2,7	4,9	7,4	10,6	15,1	20
	70 – 100	2,4	4,5	6,3	9,7	13,6	18,6
	100 – 130	2,2	4,1	5,7	8,8	12,5	16,2
	130 – 200	2	3,7	5,1	8	11,5	14,6
	200 – 300	1,9	3,4	4,7	7,4	10,6	13,3
	300 – 600	1,7	3,1	4,4	6,8	9,7	12,4
	600 – 1500	1,6	2,9	4	6,2	8,8	11,2
	>1500	1,4	2,6	3,6	5,5	7,9	10

Продовження таблиці 3.31

1	2	3	4	5	6	7	8
12 – 16	130 – 200	2,4	4,1	6	9	14,6	19,5
	200 – 350	2	3,6	5	7,8	11,2	15
	350 – 600	1,7	3,1	4,4	6,8	9,9	13,2
	600 – 1300	1,5	2,8	4	6,2	9,1	12,1
	1300 – 4000	1,4	2,4	3,6	5,4	8	10,7
	> 4000	1,3	2,2	3,2	5	7,1	9,5

Таблиця 3.32

Питома потужність загального рівномірного освітлення. Світильники НСП02, НСП03 (враховані значення $\rho_{\text{стелі}} = 50\%$; $\rho_{\text{стін}} = 30\%$; $\rho_{\text{підл}} = 10\%$; $K_3 = 1,3$; $z = 1,15$)

$h, \text{ м}$	$S, \text{ м}^2$	Питома потужність, $\text{Вт}/\text{м}^2$, при освітленості, лк , рівній						
		5	10	20	30	50	75	100
1,5 – 2	10 – 15	3,4	6,7	13,3	20	33,2	50	66,5
	15 – 25	2,9	5,8	11,6	17,4	29	43,5	58
	25 – 50	2,4	4,8	9,6	14,4	24	36	48
	50 – 150	2	4	7,9	11,8	19,8	29,6	39,5
	150 – 300	1,6	3,1	6,2	9,3	15,5	23,3	31
	> 300	1,4	2,7	5,4	8,1	13,5	20,2	27
2 – 3	10 – 15	5	10	20	30	50	75	100
	15 – 25	3,8	7,5	15	22,5	37,5	56,3	75
	25 – 50	2,8	5,7	11,4	17,1	28,5	42,7	57
	50 – 150	2,3	4,5	9	13,5	22,5	33,8	45
	150 – 300	1,9	3,8	7,5	11,3	18,8	28,1	37,5
	> 300	1,5	3	6	9	15	22,5	30
3 – 4	10 – 15	9,4	18,8	37,6	56,5	94	141	188
	15 – 20	7	13,9	27,8	41,7	69,5	104,2	139
	20 – 30	5	9,9	19,8	29,7	49,5	74,2	99
	30 – 50	3,7	7,3	14,6	21,9	36,5	54,7	73
	50 – 120	2,8	5,6	11,2	16,8	28	42	56
	120 – 300	2,2	4,4	8,8	13,2	22	33	44
	> 300	1,6	3,2	6,4	9,6	16	24	32

Таблиця 3.33

Питома потужність загального рівномірного освітлення. Світильник ПО-21 (враховані значення $\rho_{\text{стелі}} = 50\%$; $\rho_{\text{стін}} = 30\%$; $\rho_{\text{підл}} = 10\%$; $K_3 = 1,3$; $z = 1,15$)

$h, \text{ м}$	$S, \text{ м}^2$	Питома потужність, $\text{Вт}/\text{м}^2$, при освітленості, лк , рівній						
		5	10	20	30	50	75	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2 – 3	10 – 15	2,7	4,8	8,3	11,7	18,7	28,5	38
	15 – 25	2,2	3,9	6,8	9,6	15,5	23	30,7
	25 – 50	1,8	3,3	5,7	7,9	12,8	18,9	25,2
	50 – 150	1,5	2,8	4,9	6,7	10,8	16,2	21,6
	150 – 300	1,4	2,5	4,3	6,1	9,4	14	18,7
	> 300	1,3	2,3	4,1	5,7	8,9	13,3	17,7

Продовження таблиці 3.33

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3 – 4	10 – 15	3,1	5,5	9,9	14,5	25,6	38,5	51,3
	15 – 20	2,8	4,9	8,7	13	21,5	32,2	43
	20 – 30	2,4	4,2	7,4	11,2	18,8	28,1	37,5
	30 – 50	1,9	3,4	6	9,1	15,3	23	30,6
	50 – 120	1,6	2,8	4,9	7,5	12,2	18,4	24,5
	120 – 300	1,4	2,4	4,2	6,3	10,4	15,5	20,7
	> 300	1,2	2,1	3,6	5,5	9,2	13,7	18,3
4 – 6	10 – 17	3,5	6,3	15,8	23,7	39,5	59,2	79
	17 – 25	3	5,5	11,8	17,7	29,5	44,2	59
	25 – 35	2,6	4,7	9,3	14	23,3	35	46,6
	35 – 50	2,2	4	7,9	11,8	19,8	29,6	39,5
	50 – 80	1,9	3,3	6,5	9,7	16,2	24,3	32,4
	80 – 150	1,5	2,7	5,3	7,9	13,2	19,8	26,4
	150 – 400	1,3	2,3	4,5	6,8	11,2	16,9	22,5
	> 400	1,1	1,9	3,8	5,7	9,5	14,2	19

Т а б л и ц я 3.34

Питома потужність загального рівномірного освітлення при освітленості 100 лк. Світильники з лампами ДРЛ (враховані значення $\rho_{стелі} = 50\%$; $\rho_{стін} = 30\%$; $\rho_{підл} = 10\%$; $K_3 = 1,5$; $z = 1,15$)

$h, \text{ м}$	$S, \text{ м}^2$	Питома потужність, Вт/м^2 , для світильників типу					
		УПДДРЛ	РСР05/К03; СЗ5ДРЛ	РСР08/Г03; РСР08/Г5'3	РСР05/Г03; СЗ4ДРЛ	РСР07; РСР08/Л00; РСР08/Л15'0	РСР05/Д03; РСР08/Д5'3; СД2ДРЛ
6 – 8	50 – 65	13	7,3	8,3	6,7	16,3	11,2
	65 – 90	11,2	6,8	7,2	6,3	13,7	9,9
	90 – 135	9,4	6,2	6,5	5,9	11,3	8,8
	135 – 250	7,9	5,6	5,9	5,3	9,2	7,5
	250 – 500	6,7	5	5,2	4,9	7,2	6,4
	> 500	5,4	4,5	4,6	4,3	5,7	5,3
8 – 12	70 – 100	15,8	7,9	10,6	7,4	20,8	13,7
	100 – 130	13,1	7,4	8,4	6,8	16,5	11,2
	130 – 200	11,2	6,7	7,1	6,2	13,4	9,9
	200 – 300	9,3	6,1	6,4	5,7	10,9	8,7
	300 – 600	7,8	5,5	5,8	5,3	8,8	7,4
	600 – 1500	6,2	4,8	5,1	4,7	6,8	6,1
	> 1500	5,3	4,4	4,5	4,2	5,4	5,1
12 – 16	130 – 200	16	8	10,8	7,5	21,4	14
	200 – 350	12,4	7,1	8,1	6,5	15,3	10,7
	350 – 600	9,4	6,2	6,4	5,8	11,3	8,7
	600 – 1300	7,5	5,4	5,7	5,2	8,7	7,3
	1300 – 1400	6	4,8	4,9	4,6	6,5	5,7
	> 4000	5,2	4,3	4,4	4,1	5,2	4,9

Т а б л и ц я 3.35

Питома потужність загального рівномірного освітлення при освітленості 100 лк. Світильники люмінесцентними лампами (враховані значення $\rho_{\text{стелі}} = 70\%$; $\rho_{\text{стін}} = 50\%$; $\rho_{\text{підл}} = 10\%$; $K_3 = 1,5$; $z = 1,1$)

$h, \text{ м}$	$S, \text{ м}^2$	Питома потужність, $\text{Вт}/\text{м}^2$, для світильників і типів ламп					
		ШОД			ЛПР		
		ЛБ-40	ЛХБ-40 ЛТБ-40 ЛД-40	ЛДЦ-40	ЛБ-40	ЛХБ-40 ЛТБ-40 ЛД-40	ЛДЦ-40
2 – 3	10 – 15	7,4	8,7	10,5	7,2	8,6	10,3
	15 – 25	6,3	7,5	9	6,1	7,4	8,7
	25 – 50	5,2	6,3	7,5	5,3	6,2	7,5
	50 – 150	4,4	5,2	6,2	4,5	5,3	6,3
	150 – 300	3,7	4,5	5,5	4	4,7	5,7
	> 300	3,5	4,1	4,9	3,5	4,2	5,2
3 – 4	10 – 15	11	12,9	15,5	10,6	13,5	18,5
	15 – 20	8,9	10,8	12,8	8,4	10,2	12,4
	20 – 30	7,4	8,6	10,5	7,2	8,6	10,2
	30 – 50	6,2	7,4	8,9	6,1	7,3	8,6
	50 – 120	5,1	6,1	7,3	5,1	6	7,3
	120 – 300	4,3	5	6,1	4,4	5,2	6,3
	> 300	3,5	4,1	4,9	3,5	4,2	5,2
4 – 6	10 – 17	13,7	16,1	19,5	14,5	17,4	22
	17 – 25	11,7	13,8	16,7	11,2	14,5	19
	25 – 35	9,5	11,3	13,6	9	11,1	13,5
	35 – 50	7,9	9,1	11	7,6	9	10,8
	50 – 80	6,6	7,9	9,5	6,5	7,8	9,2
	80 – 150	5,7	6,7	8,6	5,6	6,7	8
	150 – 400	4,6	5,6	6,8	4,7	5,5	6,7
	> 400	3,5	4,1	4,9	3,5	4,2	5,2

Т а б л и ц я 3.36

Питома потужність загального рівномірного освітлення при освітленості 100 лк. Світильники з люмінесцентними лампами (враховані значення $K_3 = 1,5$; $z = 1,1$)

$h, \text{ м}$	$S, \text{ м}^2$	Питома потужність, $\text{Вт}/\text{м}^2$, для світильників і типів ламп			
		ПВЛМ-Р	ЛПО02-4 x 40/П-02		
		ЛБ-40, 80; ЛХБ-40, 80	ЛБ-40	ЛХБ-40 ЛТБ-40 ЛД-40	ЛДЦ-40
1	2	3	4	5	6
2 – 3	10 – 15	12,7	7,4	8,8	10,8
	15 – 25	10,6	6,5	7,8	9,3
	25 – 50	8,6	5,5	6,5	7,9
	50 – 150	6,8	4,7	5,6	6,7
	150 – 300	6	4,2	5	6
	> 300	5,2	3,9	4,5	5,5

Продовження таблиці 3.33

1	2	3	4	5	6
3 – 4	10 – 15	17,2	12,1	14	16
	15 – 20	15	8,8	10,3	12,4
	20 – 30	12,4	7,4	8,8	10,8
	30 – 50	10,5	6,4	7,6	9,1
	50 – 120	8,4	5,4	6,4	7,7
	120 – 300	6,7	4,6	5,5	6,7
	> 300	5,2	3,9	4,5	5,5
4 – 6	10 – 17	20	19	20	22
	17 – 25	17,9	14	15	16,5
	25 – 35	15,9	10	11	13,1
	35 – 50	13,4	7,8	9,2	11,3
	50 – 80	11,1	6,8	8	9,7
	80 – 150	9,3	5,9	7	8,5
	150 – 400	7,4	4,9	5,8	7
	> 400	5,2	3,9	4,5	5,4

Примітка. Для ПВЛМ-Р $\rho_{\text{стелі}} = 50\%$; $\rho_{\text{стін}} = 30\%$; $\rho_{\text{підл}} = 10\%$; для ЛПО02-4x40 ці значення за колонками: 1–70, 50, 10; 2–50; 30; 10; 3–70, 50, 10.

При люмінесцентних лампах порядок такий:

- вибирають всі рішення стосовно освітлення приміщення, включно з числом рядів світильників і спектральним типом лампи;
- у відповідній таблиці знаходять значення питомої потужності ρ для ламп заданої потужності або кількох можливих для застосування потужностей;
- для тих же ламп визначається необхідне число світильників у ряді шляхом поділу ρS на потужність одного світильника і здійснюється компоновка рядів світильників.

Приклад 3.4. Визначити потужність освітлювального пристрою та кількість світильників на ділянці комп'ютерного набору з розмірами 6×18 м при умові створення на робочих місцях загальної рівномірної освітленості в 300 лк (згідно діючих відомчих норм). Світильники типу ЛПО02 з чотирма лампами ЛБ-40, потужністю 40 Вт кожна знаходяться на висоті $h = 2,7$ м над робочими поверхнями. Коефіцієнт запасу $K_3 = 1,8$. Побілка в приміщенні ділянки світла ($\rho_{\text{стелі}} = 70\%$; $\rho_{\text{стін}} = 50\%$; $\rho_{\text{підл}} = 10\%$).

В таблиці 3.36 знаходимо значення питомої потужності при заданих параметрах – $p_{\text{табл.}} = 4,7$ Вт/м². Оскільки це значення відповідає $K_3 = 1,5$, а задане значення становить $K_3 = 1,8$, вводимо необхідну поправку: $p = 4,7 \cdot 1,8 / 1,5 = 5,64$ Вт/м².

Табличне значення питомої потужності відповідає освітленості 100 лк, нормована освітленість становить 300 лк тому необхідно зробити пропорційний перерахунок:

$$p = 5,64 \frac{300}{100} = 16,92 \text{ Вт/м}^2$$

Потужність освітлювальної установки ділянки $P_{\text{д}}$ рівна:

$$P_{\text{д}} = p \cdot S = 16,92 \cdot 6 \cdot 18 = 1827,36 \text{ Вт.}$$

Число світильників на ділянці становить:

$$N = P_{\text{д}} / n \cdot P_{\text{л}} = 1827,36 / 4 \cdot 40 = 11,4,$$

де n – число ламп у світильнику; $P_{\text{л}}$ – потужність однієї лампи.

Приймаємо 12 світильників (2 ряди по 6 в кожному).

Точковий метод. В цьому методі початково приймається, що світловий потік лампи в кожному світильнику рівний 1000 лм. Освітленість, яка створюється в такому випадку називається умовною і позначається e . Величина e залежить від світлорозподілу світильника та геометричних розмірів d та h (рис. 3.16).

Для визначення e слугують просторові ізолюкси умовної горизонтальної освітленості, деякі з яких представлені на рис. 3.17–3.21. За заданими значеннями d та h на ізолюксах для відповідного типу світильника знаходять значення e шляхом інтерполяції між значеннями, що належать найближчим ізолюксам.

Нехай сумарна дія "найближчих" світильників створює в контрольній точці умовну освітленість Σe ; дію більш віддалених світильників та відбиту складову освітленості наближено врахуємо коефіцієнтом μ . Тоді для того, щоб отримати в цій точці нормовану освітленість E при заданому коефіцієнті запасу K_3 , лампи в кожному світильнику повинні мати світловий потік рівний:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{1000EK_3}{\mu \Sigma e}. \quad (3.15)$$

По цьому світловому потоку і обирається за таблицями найближча стандартна лампа. Слід мати на увазі що фактичний світловий потік стандартної лампи не повинен відрізнятись від розрахункового більше ніж на -10 чи $+20\%$. Якщо вибрати лампу з таким допуском неможливо, то необхідно змінити розміщення світильників.

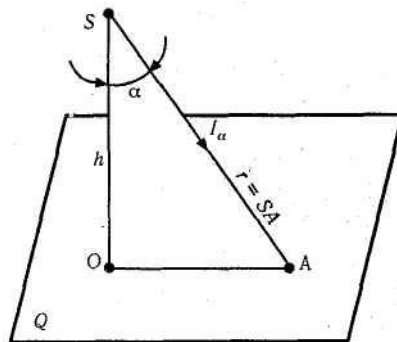


Рис. 3.16. Освітленість точки А, що належить горизонтальній площині Q, точковим джерелом світла S

Формулу 3.15 можна використовувати також для визначення освітленості заданої точки (E_A) при відомому світловому потоці лампи $\Phi_{\text{л}}$.

Одним із основних питань, що виникають при розрахунку точковим методом є правильний вибір контрольної точки. Оскільки чинні норми (галузеві чи СНиП) регламентують мінімальні значення освітленості, які повинні бути забезпечені на всіх ділянках поверхні, що освітлюється, а також враховуючи неминучу нерівномірність розподілу освітленості в реальних умовах, необхідно контрольною точкою обирати точку передбачуваного мінімуму освітленості. Така точка, як правило, знаходиться посередині поля або ж посередині однієї із

сторін крайнього поля – простору, обмеженого чотирма найближчими світильниками; при цьому виключаються із розгляду, як нехарактерні, точки, що знаходяться біля стін або в кутках приміщення.

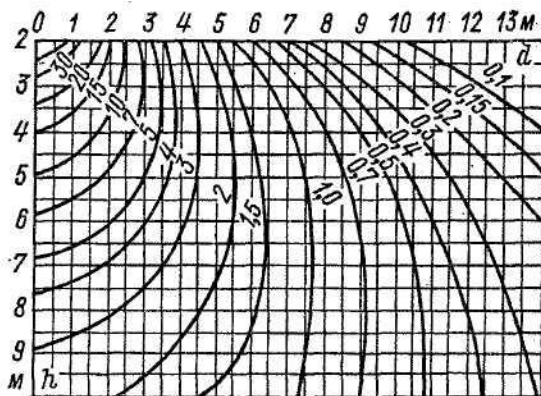


Рис. 3.17. Просторові ізолюкси умовної горизонтальної освітленості.
Світильники У, УПМ15, УП-24, "Астра-1,11,12"

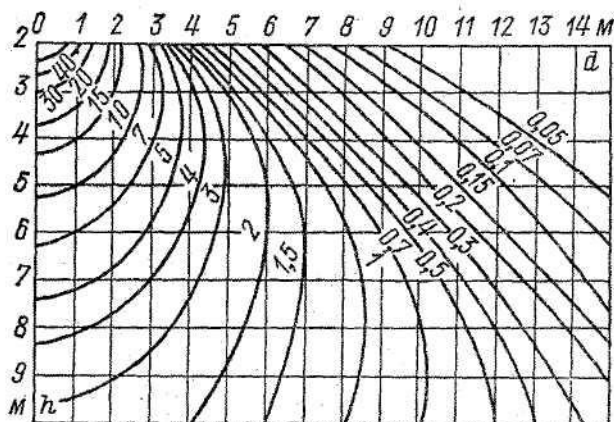


Рис. 3.18. Просторові ізолюкси умовної горизонтальної освітленості.
Світильники УПД

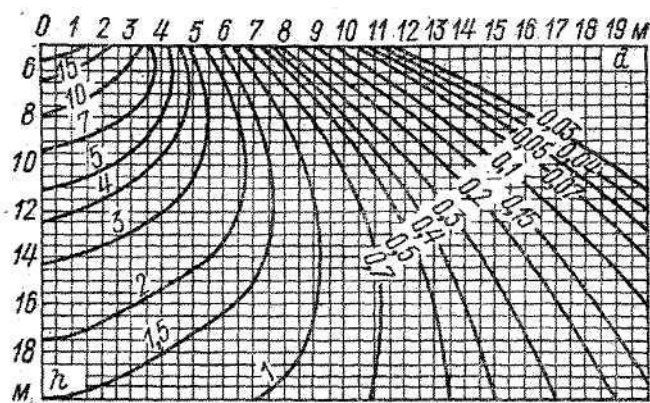


Рис. 3.19. Просторові ізолюкси умовної горизонтальної освітленості.
Світильники Гс, ГсУ

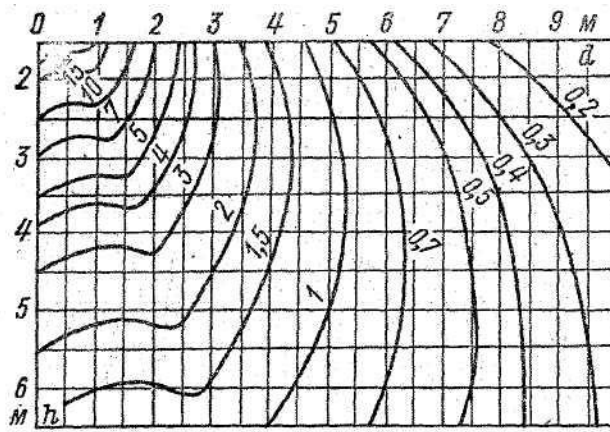


Рис. 3.20. Просторові ізолюкси умовної горизонтальної освітленості.
Світильники НСП02, НСП03

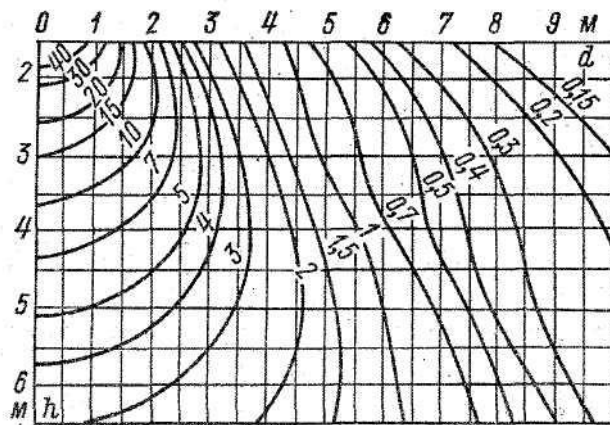


Рис. 3.21. Просторові ізолюкси умовної горизонтальної освітленості.
Світильник ПО-21

Друге запитання, яке виникає при точковому методі розрахунку – яку кількість світильників необхідно враховувати при визначенні Σe . Природно, що відповідь на це питання залежить від світлорозподілу світильників і відносної відстані між ними. Частіше всього враховують дію світильників з трьох найменших відстаней d до контрольної точки. В загальному ж, чим менше L/h і чим ширший світлорозподіл світильників, тим більше значення відіграють "дальні" світильники і тим ретельніше слід враховувати їх дію.

Коефіцієнт μ може приймати значення від 1,0 до 1,2 для світильників прямого світла залежно від коефіцієнта відбиття поверхонь приміщення. При використанні світильників розсіяного світла відбита складова освітленості може помітно зростати тому її необхідно враховувати окремо від прямої складової, використовуючи методи, розглянуті раніше.

Приклад 3.5. В приміщенні, частина якого показана на рис. 3.22 необхідно забезпечити освітленість $E = 50 \text{ лк}$ при $K_3 = 1,3$. Світильники УПД підвішені на висоті $h = 3 \text{ м}$. Розміри полів $6 \times 4 \text{ м}$.

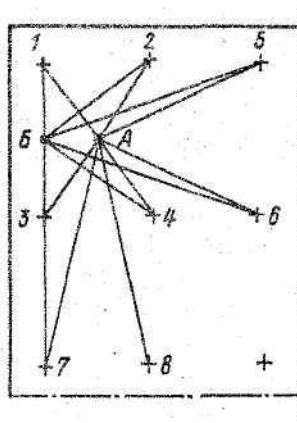


Рис. 3.22. План розміщення світильників та контрольних точок

Відстані d визначаємо за масштабним планом. Значення e визначаємо за графіком (рис. 3.18). Розрахунки зводимо в табл. 3.37.

Т а б л и ц я 3.37

До розрахунку прикладу 3.5

Контрольна точка	Номер світильника	Відстань $d, м$	Умовна освітленість, лк	
			від одного світильника	від всіх світильників
А	1, 2, 3, 4	3,6	5,6	22,4
	5, 6	6,7	0,4	0,8
	7, 8	9,2	0,1	0,2
Б	1, 3	3	8,0	$\Sigma e = 23,4$ 16,0
	2, 4	5	1,8	3,6
	5, 6	8,5	0,15	0,3
	7	9	0,1	0,1
			$\Sigma e = 20,0$	

Найгірше освітлюється точка Б, тому саме для неї визначаємо необхідний світловий потік лампи (світильника), прийнявши $\mu = 1,1$:

$$\Phi_{л} = \frac{1000EK_3}{\sum e\mu} = \frac{1000 \cdot 50 \cdot 1,3}{20 \cdot 1,1} = 2950 \text{ лм}$$

За табл. 3.27 вибираємо лампу Б-200 потужністю 200 Вт.

Лінії, що світяться. Джерела світла, довжина яких перевищує половину розрахункової висоти h , розглядаються як лінії, що світяться. На практиці, при проведенні світлотехнічних розрахунків лініями, що світяться, як правило, вважаються лінії, утворені світильниками з люмінесцентними лампами. Такі лінії характеризуються поздовжньою та поперечною кривими сили світла елементів, які утворюють лінію та лінійною щільністю світлового потоку ламп Φ' . Поперечна крива задається даними з каталогів. Поздовжня крива часто характеризується параметром m , оскільки розрахунок лінійних ізолюксів базується на апроксимації поздовжніх КСС люмінесцентних світильників формулою $I_a =$

$= I_0 \cos^m \alpha$. Для світильників з розсіювачами наближено можна рахувати m рівним 1,25, а для світильників з екрануючими решітками, які створюють у поздовжній площині захисні кути $15-30-45^\circ$, – m рівним 1,5–2,0–3,0 відповідно.

Щільність світлового потоку визначається відношенням сумарного потоку ламп в лінії Φ до її довжини L . Якщо ж лінія має рівномірно розподілені розриви довжиною λ ($\lambda < 0,5h$), то

$$\Phi' = \frac{\Phi}{l + \lambda}, \quad (3.16)$$

де Φ – світловий потік лампи в суцільному елементі довжиною l .

При $\lambda > 0,5 h$ рекомендується вести розрахунки окремо для кожної суцільної ділянки лінії.

Розрахункові графіки та таблиці дозволяють визначити відносну освітленість e ($\Phi' = 1000 \text{ лм/м}$ і $h = 1 \text{ м}$) при умові, що розрахункова точка знаходиться навпроти кінця лінії, що світиться. Освітленість інших точок визначається шляхом поділу лінії на частини, або ж доповнення їх уявними відрізками, освітленість яких потім віднімається (рис. 3.23).

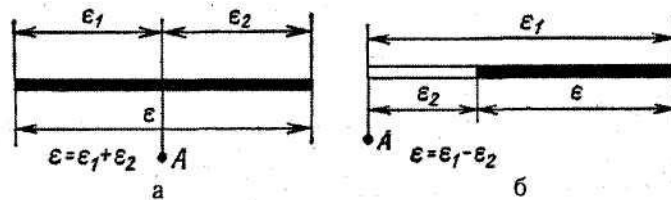


Рис. 3.23. Освітленість точок, які не знаходяться навпроти кінця ліній

При загальному рівномірному освітленні контрольні точки, як правило, вибираються посередині між рядами світильників.

При значній довжині лінії (починаючи десь з $2h$) досить помітно дається взнаки зменшення освітленості від кінців ліній. Для компенсації цього достатньо продовжити лінію на $0,5h$ за межі поверхні, що освітлюється, або на такій же довжині біля меж цієї поверхні здійснити подвоєння значення Φ' , чи доповнити поздовжні ряди світильників поперечними, що їх замикають. Застосувавши один із наведених вище заходів можна підвищити точність розрахунку освітленості контрольної точки, що знаходиться посередині рядів.

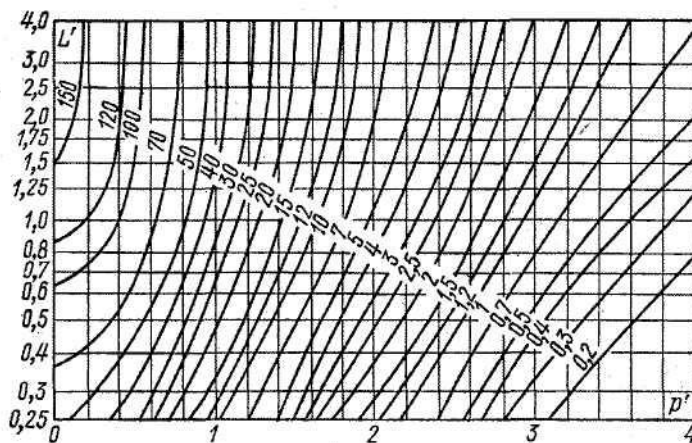


Рис. 3.24. Лінійні ізолюкси для світильників ЛОУ1ПЗ-2х40/1001

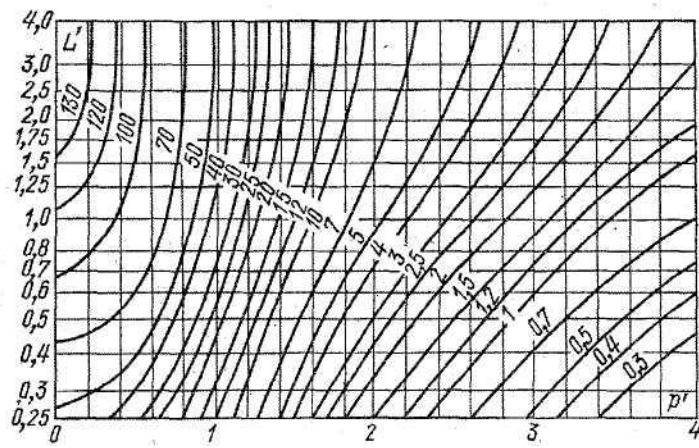


Рис. 3.25. Лінійні ізолюкси світильників ПВЛМ-Р з лампами ЛБ

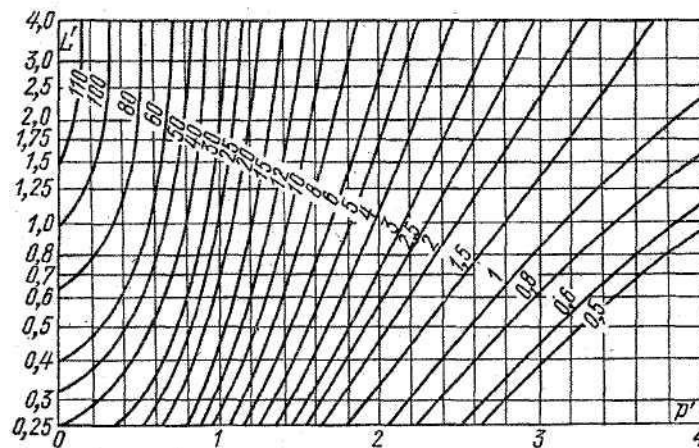


Рис. 3.26. Лінійні ізолюкси для світильників ШОД

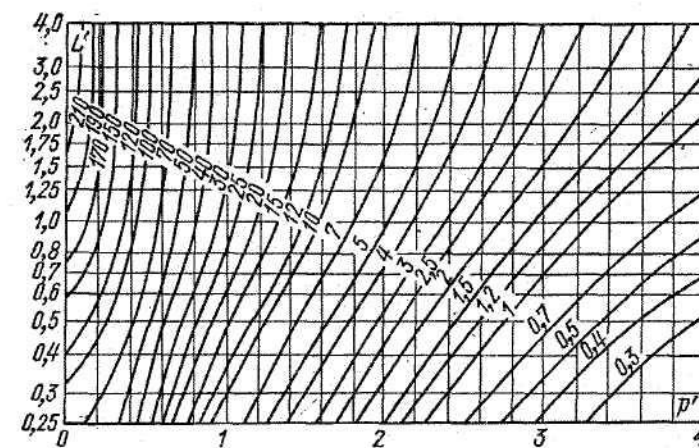


Рис. 3.27. Лінійні ізолюкси для світильників UVЛН6, UVЛВ6

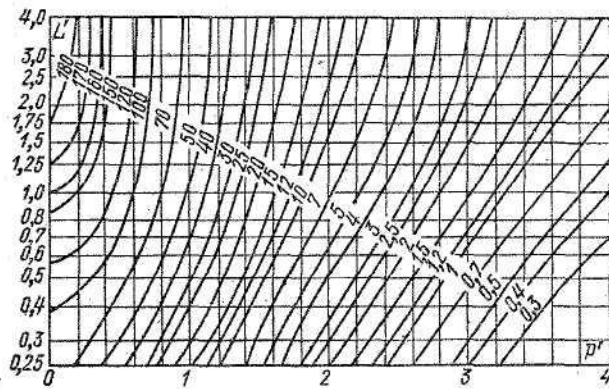


Рис. 3.28. Лінійні ізолюкси для світильників ЛДР з лампами ЛБ

Для визначення ε найбільш зручними є графіки лінійних ізолюксів, методика побудови яких розроблена Г. М. Кноррингом. На рис. 3.24 – 3.28 наведені лінійні ізолюкси деяких найбільш розповсюджених світильників.

За відомими значеннями p , h , L (рис. 3.29) визначають співвідношення $p' = p/h$ та $L' = L/h$ і за відповідним графіком ізолюксів знаходять значення ε . Лінії для яких $L' > 4$, при розрахунках практично можуть розглядатись як нескінченно довгі. Підсумовуючи значення ε від всіх ділянок, що створюють освітленість у розрахунковій точці, визначають $\Sigma\varepsilon$. З урахуванням відбиття світла, що визначається коефіцієнтом μ ($\mu = 1,1 - 1,15$), знаходять необхідну лінійну щільність потоку:

$$\Phi' = \frac{1000EK_3h}{\mu \Sigma \varepsilon} \quad (3.17)$$

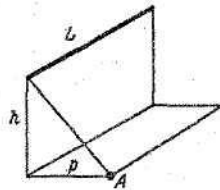


Рис. 3.29. Параметри, які визначають положення лінії, що світиться відносно контрольної точки

Формула (3.17) може також використовуватись для визначення E при заданому Φ' .

Приклад 3.6. Необхідно розрахувати освітлювальну установку, що показана на рис. 3.30 при найменшій освітленості $E = 300$ лк та $K_3 = 1,5$. Лінії утворені світильниками типу ЛДР з лампами ЛБ. Висота світильників над розрахунковими поверхнями становить $h = 4$ м.

Точка А освітлюється шістьма відрізками ліній ("піврядами"), що пронумеровані числами 1 – 6. Визначені з рис. 3.30 значення p та L , підраховані p' та L' , знайдені за таблицею ізолюксів (рис. 3.28) значення ε наведені в табл. 3.38.

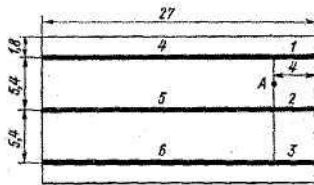


Рис. 3.30. Розміщення контрольної точки відносно світильників

Т а б л и ц я 3.38

До прикладу 3.6

Півряд	p	L	p'	L'	ε
1 та 2	2,7	4	0,67	1	2x87
3	8,1	4	2,0	1	7
4 та 5	2,7	23	0,67	∞	2x115
6	8,1	23	2,0	∞	14
					$\Sigma\varepsilon = 425$

Приймаючи $\mu = 1,1$, знаходимо необхідну лінійну щільність потоку:

$$\Phi' = \frac{1000EK_3h}{\mu \sum \varepsilon} = \frac{1000 \cdot 300 \cdot 1,5 \cdot 4}{1,1 \cdot 425} = 3850 \text{ лм/м}$$

В кожному ряді повний світловий потік ламп повинен складати $\Phi = \Phi' L = 3850 \cdot 27 = 104\,000$ лм. Якщо прийняти світильники з двома лампами ЛБ-40, то необхідна кількість світильників у ряді буде рівна $N = 104\,000/2 \cdot 3200 = 16$.

Враховуючи, що довжина світильника приблизно дорівнює 1,2 м загальна довжина світильників у ряді буде близько 19 м. Таким чином світильники розміщуються в ряді рівномірно з розривами приблизно 0,5 м. При використанні ламп більшої потужності (наприклад ЛБ-80) розриви між світильниками були б більшими.

Приклад 3.7. Над робочим столом на висоті $h = 1$ м, встановлено світильник типу ПВЛМ-Р з двома лампами ЛБ-40 ($\Phi_{\text{СВ}} = 2 \cdot 3\,200 = 6\,400$ лм; $L = 1,2$ м). Визначити освітленість у трьох характерних точках А1, А2, А3 за таких умов: $p = 0,5$ м; $L_{\text{CD}} = 0,4$ м; $L_{\text{DE}} = 0,4$ м (рис. 3.31).

Знаходимо значення $p' = \frac{p}{h} = \frac{0,5}{1,0} = 0,5$.

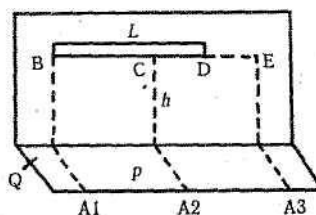


Рис. 3.31. До прикладу 3.7

Значення L' для різних відрізків лінії, що світиться та відповідні значення ε (рис. 3.25) наведе в табл. 3.39.

До прикладу 3.7

Параметр	Відрізки лінії, що світяться				
	BC	CD	BD	BE	DE
L'	0,8	0,4	1,2	1,6	0,4
ε	80	50	95	100	50

Визначимо відносну освітленість розрахункових точок:

$$\varepsilon_{A1} = \varepsilon_{BD} = 95;$$

$$\varepsilon_{A2} = \varepsilon_{BC} + \varepsilon_{CD} = 80 + 50 = 130;$$

$$\varepsilon_{A3} = \varepsilon_{BE} - \varepsilon_{DE} = 100 - 50 = 50.$$

Підставивши у формулу $E = \frac{\varepsilon\Phi_{CB}}{1000K_3h}$ відповідні значення, визначимо

освітленість у розрахункових точках, що належить площині стола Q : $E_{A1} = 405$ лк; $E_{A2} = 555$ лк; $E_{A3} = 213$ лк.

3.5. ЗАГАЛЬНА СХЕМА ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ШТУЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ (на прикладі методу світлового потоку)

При проектуванні систем штучного освітлення необхідно визначити наступне:

1. Систему освітлення і тип джерела світла, враховуючи особливості зорової роботи (відповідно до положень п. 3.4.2).
2. Розряд та підрозряд роботи, а також величину нормованої освітленості (E_n) залежно від найменшого лінійного розміру об'єкта розпізнавання, контрасту між об'єктом розпізнавання і фоном, характеристики фону, типу системи освітлення і джерела світла (табл. 3.1).
3. Клас вибухопожежонебезпеки згідно ПВЕ (Правил влаштування електроустановок).
4. Характеристику приміщення за ступенем небезпеки ураження людини електричним струмом згідно ПВЕ.
5. Характеристику приміщення за умовами оточуючого середовища.
6. Конструктивне виконання (необхідний ступінь захисту) світильників за класом вибухопожежонебезпеки та умовами середовища в приміщенні (табл. 3.16 та 3.17).
7. Світлотехнічну характеристику світильника (клас світлорозподілення та тип КСС) враховуючи розміри та характер обробки приміщення, що освітлюється.
8. Необхідний тип світильника з урахуванням вимог: пов'язаних з характеристикою оточуючого середовища, світлотехнічних, економічних, естетичних (можна скористатись табл. 3.18 та 3.19).

9. Марку провoda чи кабеля та тип проводки (табл. 3.20 та 3.21).

10. Висоту h розташування (підвісу) світильників над робочими поверхнями чи підлогою, відповідно до вимог табл. 3.22 та 3.23.

11. За вибраним типом світильника (його КСС) визначаємо найбільш вигідне відношення відстані L між сусідніми світильниками (або рядами) до висоти h їхнього розташування над робочими поверхнями (табл. 3.13).

12. Відстань L між сусідніми світильниками (рядами) за прийнятим відношенням L/h .

13. Відстань L_1 від стіни до першого ряду світильників (рис. 3.32): при наявності робочих місць біля стіни $L_1 = 0,3L$, при їх відсутності $L_1 = 0,5L$.

14. Відстань L_2 крайніми рядами світильників по ширині приміщення: $L_2 = b - 2L_1$.

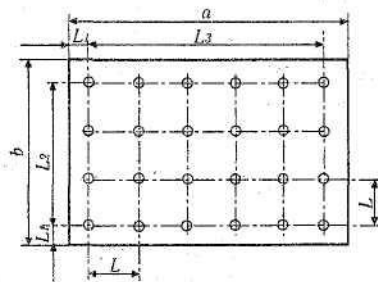


Рис. 3.32. Розрахункова схема

для визначення розташування світильників у приміщенні (вид зверху)

15. Число рядів, які можна розташовувати між крайніми рядами по ширині приміщення: $n_{p.ш.} = L_2/L - 1$.

16. Загальне число рядів світильників по ширині приміщення: $n_{ш.} = n_{p.ш.} + 2$.

17. Відстань L_3 між крайніми рядами світильників по довжині приміщення: $L_3 = a - 2L_1$.

18. Число рядів світильників, які можна буде розташувати між крайніми рядами по довжині $n_{p.д.} = L_3/L - 1$.

19. Загальне число рядів світильників по довжині: $n_{д.} = n_{p.д.} + 2$.

20. Загальне число світильників, яке необхідно встановити по площі приміщення: $N = n_{ш.} \cdot n_{д.}$. Для наближеного визначення значення N можна скористатись формулою $N = ab/L^2$.

21. Коефіцієнти відбиття стелі ($\rho_{СТЕЛ}$) та стін ($\rho_{СТІН}$), за характером обробки (пофарбування інтер'єру) приміщення (табл. 3.8—3.10).

22. Показник приміщення i (формула 3.11).

23. Коефіцієнт використання світлового потоку η для вибраного типу світильника за показником приміщення i та коефіцієнтами відбиття стелі ($\rho_{СТЕЛ}$) та стін ($\rho_{СТІН}$) (табл. 3.25 та 3.26).

24. Коефіцієнт запасу K_3 (табл. 3.24).

25. Розрахунковий світловий потік однієї лампи світильника Φ_L (формула 3.10).

26. За визначеним Φ_L вибираємо найближчу за значеннями стандартну ла-

мпу та визначаємо її потужність $P_{л}$ (табл. 3.27, 3.28).

27. Дійсну освітленість за світловим потоком прийнятої стандартної лампи і перевіряємо стосовно допустимого відхилення (від -10% до $+20\%$ $E_{н}$).

28. Загальну потужність освітлювальної установки ΣP_{CB} .

Задача 1. Розрахувати бокове двостороннє природне освітлення для виробничої дільниці (крила будівлі) з розмірами $L \times B$, м і висотою H , м; висота робочої поверхні h_p , м. Будівля знаходиться в місті Сочі і навпроти вікон дільниці, що зорієнтовані на схід, має затіняючі об'єкти. У виробничій діяльності виконуються роботи високої точності.

	$L \times B$	H	h_p
1	125×15	3,5	0,7
2	105×10	2,5	0,7
3	90×7	3	0,7
4	45×30	3,2	0,7
5	130×20	3,25	0,7
6	100×10	2,75	0,7
7	50×45	4	0,7
8	125×50	3,75	0,7
9	85×12	2,75	0,7
10	76×14	4,5	0,7
11	55×15	3,0	0,7
12	40×12	2,6	0,7
13	75×25	3,5	0,7
14	130×20	2,5	0,7
15	100×10	3	0,7
16	50×45	3,2	0,7
17	125×50	3,25	0,7
18	85×12	2,75	0,7
19	76×14	4	0,7
20	55×15	3,75	0,7
21	40×12	2,75	0,7
22	75×25	4,5	0,7
23	125×20	3,0	0,7
24	130×7	2,6	0,7
25	65×30	2,7	0,7
26	75×20	3,25	0,7

27	85×35	4,2	0,7
28	100×40	3,75	0,7
29	74×32,5	2,75	0,7
30	90×50	4,5	0,7

Задача 2. Розрахувати систему загального рівномірного освітлення з лампами розжарювання для виробничого приміщення, в якому виконуються зорові роботи високої точності.

Розміри приміщення: довжина a м, ширина b м, висота H м. Приміщення має світлу побілку: коефіцієнт відбиття $\rho_{\text{СТЕЛИ}}$ %, $\rho_{\text{СТІН}}$ %. Висота робочих поверхонь (столів) h_p м. Для освітлення прийнято світильники типу УПМ–15, які підвішуються до стелі; відстань від світильника до стелі h_c м.

	a	b	H	$\rho_{\text{СТЕЛИ}}$	$\rho_{\text{СТІН}}$	h_p	h_c
1	15	10	3,5	60	50	0,7	0,5
2	12	8	2,5	65	40	0,7	0,5
3	14	7	3	80	45	0,7	0,5
4	25	9	3,2	75	60	0,7	0,5
5	16	6	3,25	70	47	0,7	0,5
6	13	4,5	2,75	55	48,6	0,7	0,5
7	17	5,5	4	50	50,82	0,7	0,5
8	18	6,75	3,75	80	62	0,7	0,5
9	21	8	2,75	70,8	55	0,7	0,65
10	25	10	4,5	72	47	0,7	0,65
11	23	12	3,0	84	58	0,7	0,65
12	25,5	15	2,6	76	67	0,7	0,65
13	30	20	3,5	64	53	0,7	0,65
14	45	20	2,5	90	42	0,7	0,65
15	12	6	3	55	51	0,7	0,65
16	15	10	3,2	66	54	0,7	0,65
17	16	9	3,25	74	50	0,7	0,65
18	19	10	2,75	85	40	0,7	0,45
19	12	7,5	4	67	45	0,7	0,45
20	14	8	3,75	86	60	0,7	0,45
21	25	10	2,75	53	47	0,7	0,45
22	16	12	4,5	72	62	0,7	0,45
23	13	15	3,0	81	55	0,7	0,45
24	17	20	2,6	75,6	47	0,7	0,45

25	18	20	2,7	55	58	0,7	0,45
26	21	6	3,25	50	67	0,7	0,35
27	25	10	4,2	80	53	0,7	0,35
28	23	9	3,75	70,8	42	0,7	0,35
29	25,5	10	2,75	72	51	0,7	0,35
30	30	7,5	4,5	84	54	0,7	0,35

Задача 3. Провести розрахунок системи загального рівномірного освітлення люмінесцентними лампами для тих же умов, що й в прикладі 2.

Задача 4. Визначити потужність освітлювального пристрою та кількість світильників на ділянці комп'ютерного набору з розмірами довжина a м, ширина b м, при умові створення на робочих місцях загальної рівномірної освітленості в 300 лк (згідно діючих відомчих норм). Світильники типу ЛПО02 з трьома лампами ЛБ-80, потужністю 60 Вт кожна знаходяться на висоті h м над робочими поверхнями. Коефіцієнт запасу K_3 .

	a	b	h	$\rho_{СТЕЛ}$	$\rho_{СТН}$	$\rho_{ПДЛ}$	K_3
1	25,5	10	2,7	60	50	10	2,2
2	30	8	2,7	65	40	8	1,7
3	45	7	2,7	80	45	9	2,3
4	12	9	2,7	75	60	12	1,5
5	15	6	2,7	70	47	14	1,0
6	16	4,5	2,7	55	48,6	7,5	2,5
7	19	5,5	2,7	50	50,82	9,5	1,8
8	12	6,75	2,7	80	62	10,5	2,0
9	14	8	2,7	70,8	55	12	1,9
10	25	10	2,7	72	47	13	1,7
11	16	12	2,7	84	58	20	2,5
12	25,5	15	2,5	76	67	15	1,3
13	17	10	2,5	64	53	10,7	1,25
14	18	8	2,5	90	42	10	2,0
15	21	6	2,5	55	51	8	2,2
16	25	10	2,5	66	54	9	1,7
17	23	9	2,5	74	50	12	2,3
18	25,5	10	2,5	85	40	14	1,5
19	30	7,5	2,5	67	45	7,5	1,0
20	14	8	2,5	86	60	9,5	2,5

21	25	10	2,5	53	47	10,5	1,8
22	16	12	2,5	72	62	12	2,0
23	13	7	2,5	81	55	13	1,9
24	15	6,5	3,0	75,6	47	20	1,7
25	18	8	3,0	55	58	15	2,5
26	21	6	3,0	50	67	10,7	1,3
27	25	10	3,0	80	53	12	1,25
28	23	9	3,0	70,8	42	15	2,0
29	25,5	10	3,0	72	51	21	1,56
30	30	7,5	3,0	84	54	23	1,5

Задача 5. В приміщенні, розмірами a та b необхідно забезпечити освітленість E лк при K_3 . Світильники УПД підвішені на висоті h м.

	a	b	h	E	K_3
1	15	10	2,7	66	1,9
2	16	8	2,7	74	1,7
3	19	7	2,7	85	2,5
4	12	9	2,7	67	1,3
5	14	6	2,7	86	1,25
6	25	4,5	2,7	53	2,0
7	16	5,5	2,7	72	2,2
8	25	6,75	2,7	81	1,7
9	19	8	2,7	75	2,3
10	25	10	2,7	55	1,5
11	16	12	2,7	50	1,0
12	29	15	2,5	80	2,5
13	17	10	2,5	70	1,8
14	18	8	2,5	72	2,0
15	21	6	2,5	84	1,9
16	20	10	2,5	60	1,7
17	23	9	2,5	65	2,2
18	22,5	10	2,5	80	1,7
19	16	7,5	2,5	75	2,3
20	13	8	2,5	70	1,5
21	15	10	2,5	55	1,0
22	18	12	2,5	50	2,5

23	21	7	2,5	80	1,8
24	32,6	6,5	3,0	70	2,0
25	28	8	3,0	72	2,5
26	18	6	3,0	84	1,3
27	30	10	3,0	76	1,25
28	20	9	3,0	64	2,0
29	25	10	3,0	90	1,56