



# Тема 10. Методи розрахунку природного освітлення приміщень

Підготував Сергейчук О.В.

# 3.1. Методи розрахунку й оптимізації освітлення будівель

## 3.1.1. Нормативні вимоги



ДЕРЖАВНІ БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ УКРАЇНИ

Інженерне обладнання будинків і споруд

ПРИРОДНЕ І ШТУЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ

ДБН В.2.5-28-2006

Видання офіційне

Мінбуд України

Київ 2006

Діє з 1 жовтня 2006 року.

Зміна № 1 діє з 1 жовтня 2008 року.

Зміна № 2 діє з 1 вересня 2012 року.

Зараз розроблена нова редакція ДБН В.2.5-28, яка проходить затвердження.

Норми поширюються на проектування освітлення територій, приміщень нових та існуючих, що підлягають реконструкції, будівель і споруд різного призначення, місць виконання робіт на відкритих просторах, територій промислових та сільськогосподарських підприємств, залізничних колій площ підприємств, зовнішнього освітлення міст, поселень та сільських населених пунктів.

## 3.1. Методи розрахунку й оптимізації освітлення будівель

### 3.1.2. Принципи розрахунку природного освітлення

За нормовану величину природної освітленості прийнято брати величину  $e$ , %, ( у новій редакції ДБН буде позначатися  $D$ ):

$$e = \frac{E_{\text{в}}}{E_{\text{з}}} \cdot 100$$

де  $E_{\text{в}}$  – освітленість, створювана в розрахунковій точці робочої площини (площини, на якій лежить об'єкт зорової роботи) усередині приміщення природним світлом, що пройшло через світлопрорізи, лк;

$E_{\text{з}}$  – зовнішня горизонтальна освітленість під цілком відритим небозводом, заміряна у той же момент часу, що й  $E_{\text{в}}$ , лк.

**Ця величина називається коефіцієнтом природної освітленості (КПО).**

## 3.1. Методи розрахунку й оптимізації освітлення будівель

---

### 3.1.2. Принципи розрахунку природного освітлення

За умови **суцільної хмарності** у світлий час доби КПО практично буде незмінним та буде визначатися:

- площею світлопрорізів,
- орієнтацією світлопрорізів,
- розташуванням світлопрорізів,
- видом та чистотою заповнення світлопрорізів,
- наявністю і характеристиками сусідніх будинків (що частково затінюють небозвід),
- наявністю сонцезахисних пристроїв,
- наявністю сніжного покриву,
- колірною обробкою інтер'єра.

Це параметри, якими може керувати архітектор, або величини, що можуть бути враховані у процесі проектування.

## 3.1. Методи розрахунку й оптимізації освітлення будівель

---

### 3.1.2. Принципи розрахунку природного освітлення

За нормативне значення КПО приймається значення  $e_n$ , %, що забезпечує при  $E_3 = E_{кр}$  у нормованій точці робочої площини приміщення освітленість, яка дорівнює значенню нормативної штучної освітленості для даного зорового процесу.

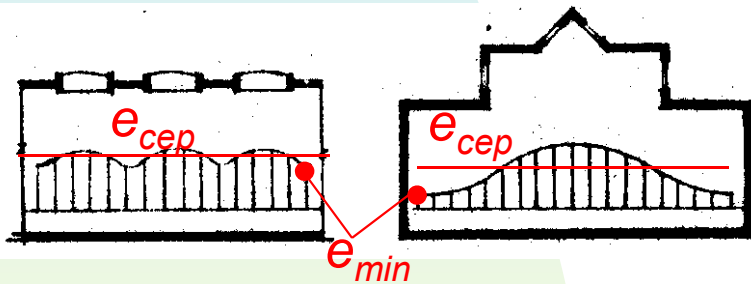
## 3.1. Методи розрахунку й оптимізації освітлення будівель

### 3.1.2. Принципи розрахунку природного освітлення

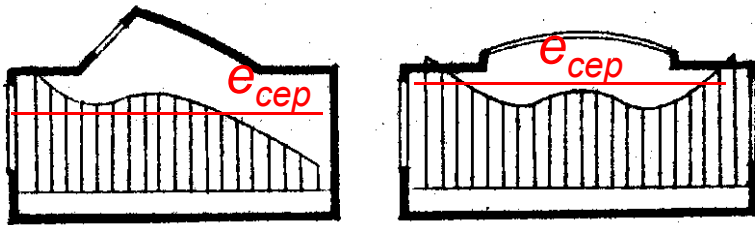
ДБН В.25-28-2006 розрізняють три системи природного освітлення приміщень:



*система бічного освітлення* – через вікна у зовнішніх стінах. Нормується освітленість у точці характерного розрізу приміщення, яка має найгіршу освітленість  $e_{min}$ .



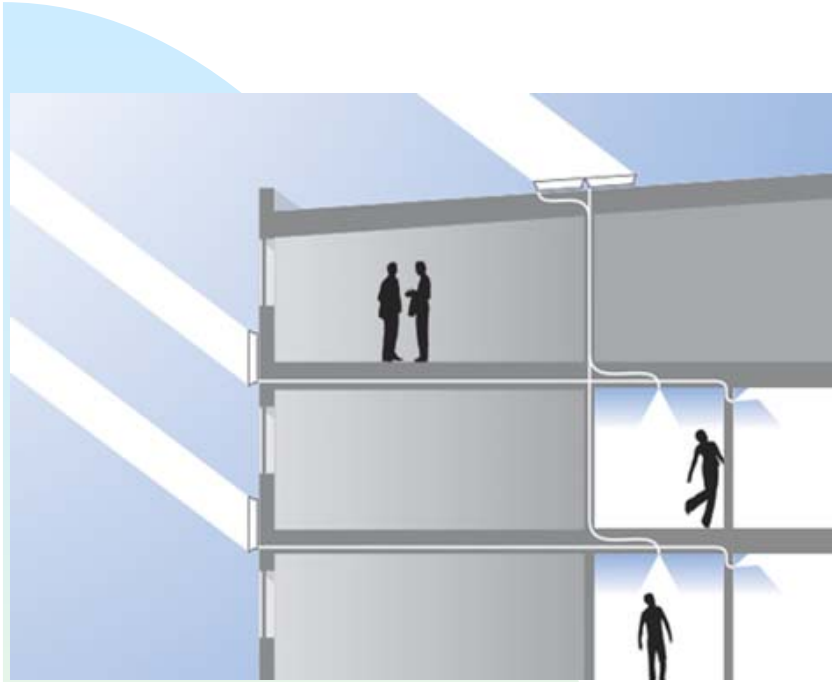
*система верхнього освітлення* – через світлові ліхтарі та прорізи у покритті, а також через прорізи у стінах у місцях перепаду висот будинку. Нормується середня освітленість по характерному розрізу приміщення  $e_{сер}$ , мінімальна освітленість  $e_{min}$  та нерівномірність освітлення  $e_{сер}/e_{min} < 3$ .



*система комбінованого освітлення* – одночасно через вікна, світлові ліхтарі та прорізи. Нормується середня освітленість по характерному розрізу приміщення  $e_{сер}$ , мінімальна освітленість  $e_{min}$ , та нерівномірність освітлення  $e_{сер}/e_{min} < 3$ .

## 3.1. Методи розрахунку й оптимізації освітлення будівель

### 3.1.2. Принципи розрахунку природного освітлення



У новій редакції ДБН В.25-28 додані ще дві системи природного освітлення приміщень:

*транспортоване освітлення* – освітлення, що потрапляє у приміщення за допомогою інженерної системи на основі світловодів. Використовується для освітлення глибинного або підземного внутрішнього простору будівель і споруд.

Нормування КПО проводиться або як для бокового, або як для верхнього освітлення залежно від розташування вихідних отворів світловодів.



*освітлення акумульоване* - освітлення за допомогою світильників, що акумулюють в денний час доби енергію від небозводу та використовують її для нічного освітлення (геліоакумулюючі світильники)

Їх розрахунок проводиться за нормами штучного освітлення.

## 3.1. Методи розрахунку й оптимізації освітлення будівель

### 3.1.2. Принципи розрахунку природного освітлення

Додаток К (обов'язковий)

Таблиця К.1 - Нормовані показники освітленості основних приміщень громадських, житлових, допоміжних будинків

Приміщення	Площина (Г - горизонтальна, В - вертикальна) нормування освітленості та КПО, висота площини над рівнем підлоги, м	Розряд і під-розряд зорової роботи	Штучне освітлення					Природне освітлення		Суміщене освітлення	
			Освітленість робочих поверхонь, лк		циліндрична освітленість, лк	показник дисккомфорту, не більше	коефіцієнт пульсації, %, не більше	КПО $e_n$ , %		КПО $e_n$ , %	
			при комбінованому освітленні	при загальному освітленні				при верхньому або комбінованому освітленні	при боковому освітленні	при верхньому або комбінованому освітленні	при боковому освітленні
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Адміністративні будинки (міністерства, відомства, комітети, префектури, муніципалітети, управління, конструкторські та проектні організації, науково-дослідницькі установи тощо)</b>											
1. Кабінети й робочі кімнати	Г – 0,8	Б - 1	400/200	300	—	40	15	3,0	1,0	1,8	0,6
2. Проектні зали і кімнати, конструкторські, креслярські бюро	Г – 0,8	А - 1	600/400	500	—	40	10	4,0	1,5	2,4	0,9
3. Книгосховища й архіви, приміщення фонду відкритого доступу	В – 1,0 на стелажах	—	75	—	—	60	—	—	—	—	—
4. Макетні, столярні й ремонтні майстерні	Г – 0,8 на верстаках і робочих столах	IVв	—	300	—	40 <sup>1)</sup>	15/20	4,0	1,5	2,4	0,9
5. Приміщення для роботи з дисплеями й відеотерміналами дисплейні зали	В – 1,2 на екрані дисплея	Б-2	—	200	—	—	—	—	—	—	—
	Г – 0,8 на робочих столах	А-2	500/300	400	—	15	10	3,5	1,2	2,1	0,7
6. Конференц-зали, зали засідання	Г – 0,8	Г	—	300	75	60	20	2,0	0,5	1,2	0,3



## 3.1. Методи розрахунку й оптимізації освітлення будівель

---

### 3.1.2. Принципи розрахунку природного освітлення

Розрахунок КПО виконується з урахуванням середньозважених коефіцієнтів відбивання світла внутрішніми поверхнями приміщень та фасадів протилежних будівель та споруд, але без урахування меблів, устаткування, обладнання, озеленення та інших затінюючих предметів, а також при 100 % використанні світлопрозорих заповнень у світлопрорізах. Розрахункові значення КПО слід заокруглювати до сотих часток.

Методика розрахунку КПО визначається відповідними стандартами в залежності від виду природного освітлення. Дозволяється зниження розрахункового значення КПО від нормованого не більше ніж на 10 %.

*До введення в дію відповідних стандартів розрахунок КПО необхідно проводити у відповідності до Додатку Н.*

## 3.1. Методи розрахунку й оптимізації освітлення будівель

### 3.1.2. Принципи розрахунку природного освітлення

Розрахунок КПО в розрахунковій точці від кожного світлопрорізу слід виконувати:

а) при боковому освітленні за формулою

$$e_p^{\delta} = \left( \sum_{i=1}^I \varepsilon_{\text{нб}_i} q_i m + \sum_{j=1}^J \varepsilon_{\text{буд}_j} R_j m_j \right) r_1 \frac{\tau_0}{K_3}; \quad (\text{Л.5})$$

б) при верхньому освітленні за формулами

$$\left\{ \begin{array}{l} e_p^{\text{В}} = \left[ \varepsilon_{\text{В}} + \varepsilon_{\text{сер}} (r_2 K_{\text{л}} - 1) \right] \frac{\tau_0}{K_3}; \\ \varepsilon_{\text{В}} = \sum_i \varepsilon_{\text{нб}_i} q_i m + \sum_{j=1}^J \varepsilon_{\text{буд}_j} R_j m_j; \\ \varepsilon_{\text{сер}} = \frac{\sum_{i=1}^N \varepsilon_{\text{В}i}}{N}; \end{array} \right. \quad (\text{Л.6})$$

де –  $\varepsilon_{\text{нб}_i}$ ,  $\varepsilon_{\text{буд}_j}$  – геометричні КПО в розрахунковій точці, що враховують відповідно пряме світло від  $i$ -ї ділянки неба та світло, відбите від  $j$ -го фасаду протилежних будинків;

$m$ ,  $m_j$  – коефіцієнти світлового клімату відповідно розрахункового світло-прорізу та  $j$ -го будинку;

$I$ ,  $J$  – відповідно кількість окремих розрахункових ділянок неба та фасадів протилежних будинків, які спостерігаються через світлопроріз з розрахункової точки.

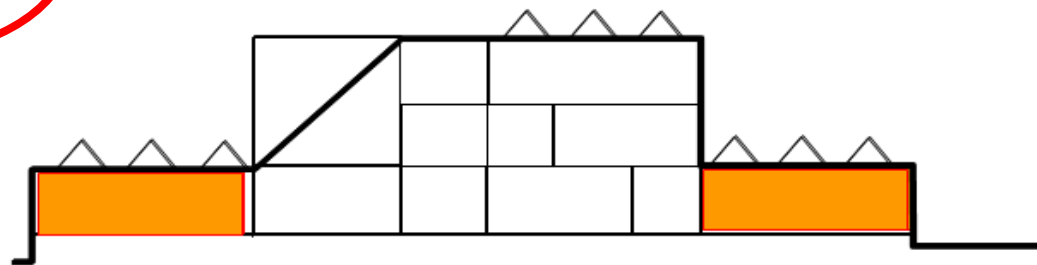


Рис. 3.2. Приклад затінення світлопрорізів верхнього освітлення

## 3.1. Методи розрахунку й оптимізації освітлення будівель

### 3.1.2. Принципи розрахунку природного освітлення

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{\pi R^2} 100$$

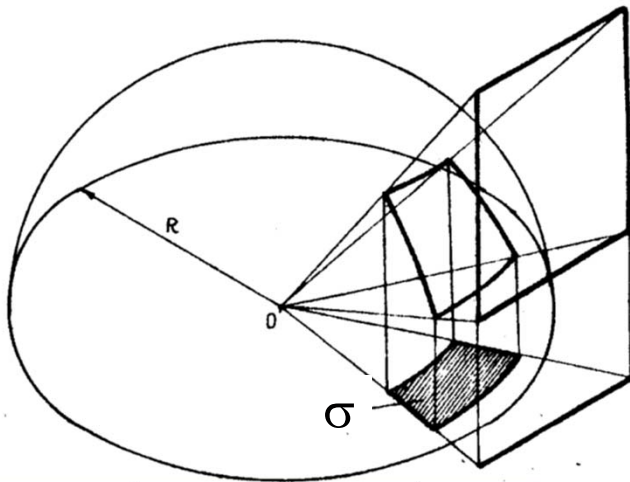


Рис. 7.4. схема до закону проєкції тілесного кута

«Геометричний коефіцієнт природної освітленості – відношення площі ортогональної проєкції на робочу площину ділянки умовної небесної півсфери, видимої з розрахункової точки через незаповнений світлопроріз або його частину, від якої розраховується освітленість, до площі основи небесної півсфери.

У разі розрахунку геометричного коефіцієнта природної освітленості від протилежного будинку – відношення площі ортогональної проєкції на робочу площину ділянки небесної півсфери, що затінюється будинком у розрахунковій точці, до площі основи небесної півсфери. Виражається у відсотках».

# 3.1. Методи розрахунку й оптимізації освітлення будівель

## 3.1.2. Принципи розрахунку природного освітлення

Геометричні коефіцієнти в розрахунковій точці визначаються за допомогою графіків I і II таким чином:

-якщо світлопроріз має довільну форму, то він попередньо замінюється на максимально наближений за пропорціями прямокутний світлопроріз з двома сторонами паралельними робочій площині, який має таку ж саму площу і центр ваги;

- якщо через світлопроріз спостерігаються об'єкти, які мають різну яскравість – ділянки неба, фасади сусідніх будинків, то світлопроріз розбивається на ділянки, в межах яких яскравість можна вважати однаковою, для чого (рис. Л.4):

а) фасади сусідніх будинки проектується з розрахункової точки на площину світлопрорізу і визначаються ділянки світлопрорізу, що затінюються будинками;

б) ці ділянки замінюються на еквівалентні за площею прямокутні ділянки, сторони яких паралельні відповідним сторонам світлопрорізу;

в) кожна ділянка світлопрорізу розглядається як окремий прямокутний світлопроріз, для якого визначається геометричний коефіцієнт природної освітленості  $\varepsilon$

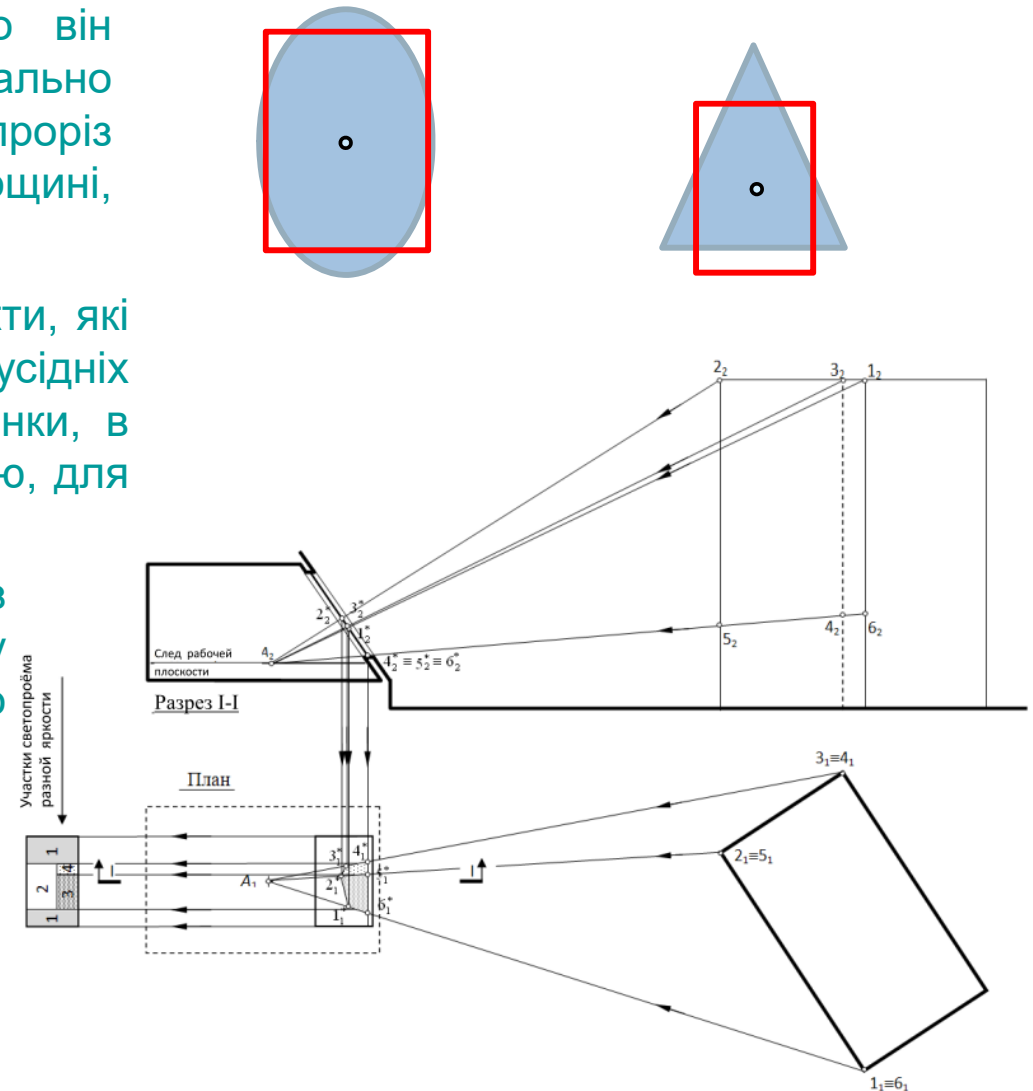


Рисунок Л.4 – Определение участка светопроёма, который затеняется противостоящим зданием и разбивка светопроёма на участки разной яркости

## 3.1. Методи розрахунку й оптимізації освітлення будівель

### 3.1.2. Принципи розрахунку природного освітлення

При горизонтальній робочій поверхні і прямокутному світлопрорізу  $\varepsilon$  визначається у такій послідовності (рис. Л.5):

- а) графік I накладається на розріз приміщення таким чином, щоб полюс графіка  $O$  збігся з розрахунковою точкою  $A_2$ , а основа графіка – зі слідом робочої площини;
- б) підраховується кількість  $n_1$  променів, що надходять у розрахункову точку через світлопроріз за графіком I;
- в) через центр світлового прорізу – точку  $C$  проводиться горизонтальна площина, що перетинає засклення світлопрорізу по відрізку  $MK$  і проектується на розрізі у точку  $C_2$ ;
- г) визначається номер  $N_{п.к.}$  півкола за графіком I, що проходить через точку  $C_2$  (радіус цього півкола дорівнює відстані  $\rho = A_2C_2$ );
- д) графік II накладається на план приміщення таким чином, щоб горизонталь з номером  $N_{п.к.}$  збіглася з прямою  $M_1K_1$ , а його вертикаль (ось симетрії) пройшла через точку  $A_1$ ;
- е) підраховується кількість  $n_2$  променів, що надходять у приміщення через світлопроріз за графіком II (це промені, що перетинають відрізок  $M_1K_1$ );
- є) за формулою

$$\varepsilon = 0,01n_1 \cdot n_2 \quad (\text{Л.10})$$

визначається геометричний коефіцієнт природної освітленості  $\varepsilon$  від світлопрорізу..

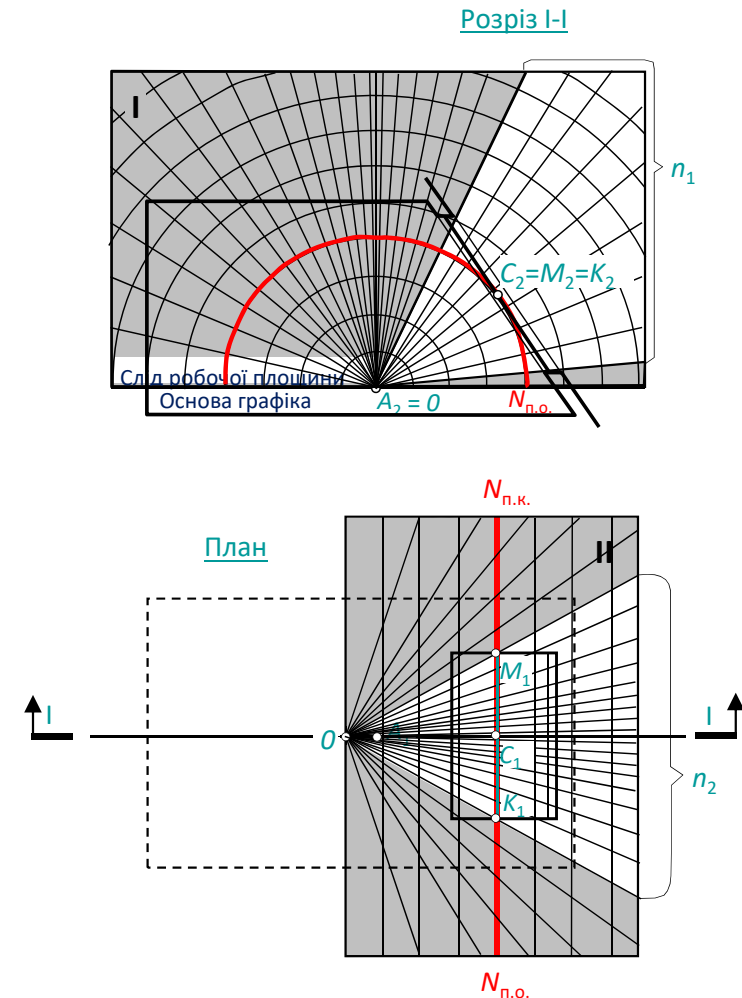


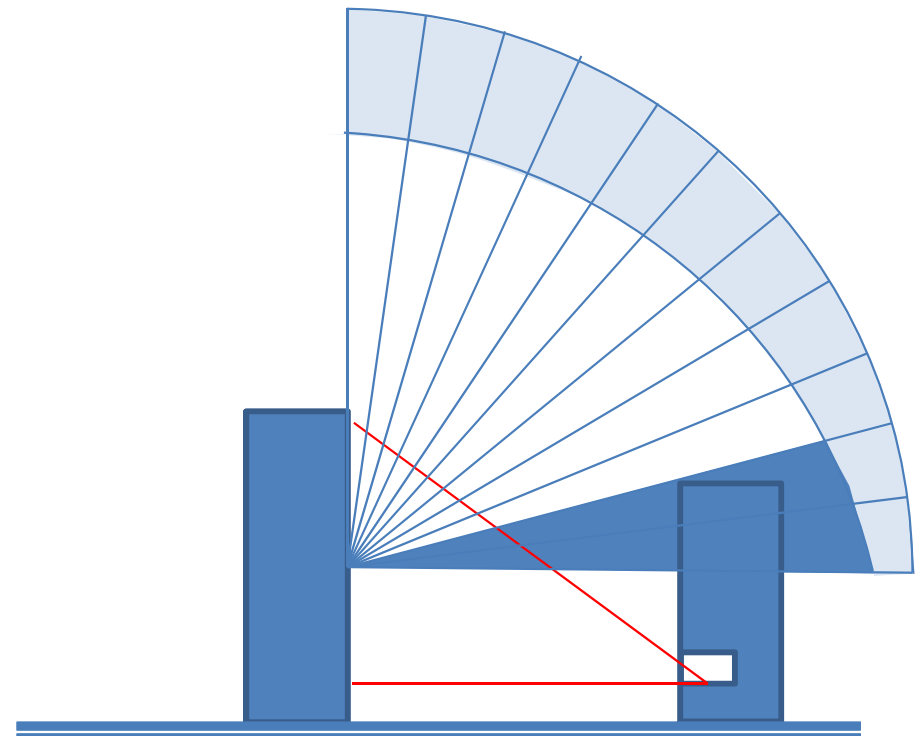
Рисунок Л.5 – Визначення кількості променів  $n_1$  і  $n_2$ , що проходять через світлопроріз за графіками I і II А.М. Данилюка при горизонтальній робочій площині

## 3.1. Методи розрахунку й оптимізації освітлення будівель

### 3.1.2. Принципи розрахунку природного освітлення

Яскравість ділянки протилежної будівлі розраховується за формулою:

$$R = (0,396 - 0,01\varepsilon_{\text{пр}} q) \rho_{\text{ф}}$$



# 3.1. Методи розрахунку й оптимізації освітлення будівель

## 3.1.2. Принципи розрахунку природного освітлення

Геометричний КПО  $\varepsilon_{\text{пр}}$  визначається наступним чином (рис. Л.6):

- з розрахункової точки  $A$  видимий контур світлопрорізу проектується на площину фасаду протилежної будівлі;
- визначається центр ваги  $C_1$  отриманої проекції;
- графік I накладається на генплан забудови таким чином, щоб полюс графіка  $O$  збігся з точкою  $C_1$ , а основа графіка – зі слідом фасаду будинку, що затінює;
- підраховується кількість променів  $n_1^{//}$ , що надходять за графіком I у точку  $C_1$  від фасаду будинку, в якому розраховується освітленість;
- визначається центр ваги  $C_2$  ділянки будинку, в якому розраховується освітленість, розташованої вище точки  $C_1$ ;
- визначається номер  $N_{\text{п.к}}$  півкола за графіком I, що проходить через точку  $C_2$ ;
- через точки  $C_1$  і  $C_2$  проводиться вертикальна січна площина I-I і будується умовний розріз цією площиною;
- графік II накладається на розріз I-I таким чином, щоб полюс графіка збігся з точкою  $C_1$ , а горизонталь з номером  $N_{\text{п.к}}$  збіглася із слідом фасаду будинку, в якому розраховується освітленість;
- підраховується кількість променів  $n_2^{//}$ , які надходять у точку  $C_1$  від затіненої частини неба за графіком II;
- $\varepsilon_{\text{пр}}$  визначається за формулою

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 0,01 n_1^{//} n_2^{//}$$

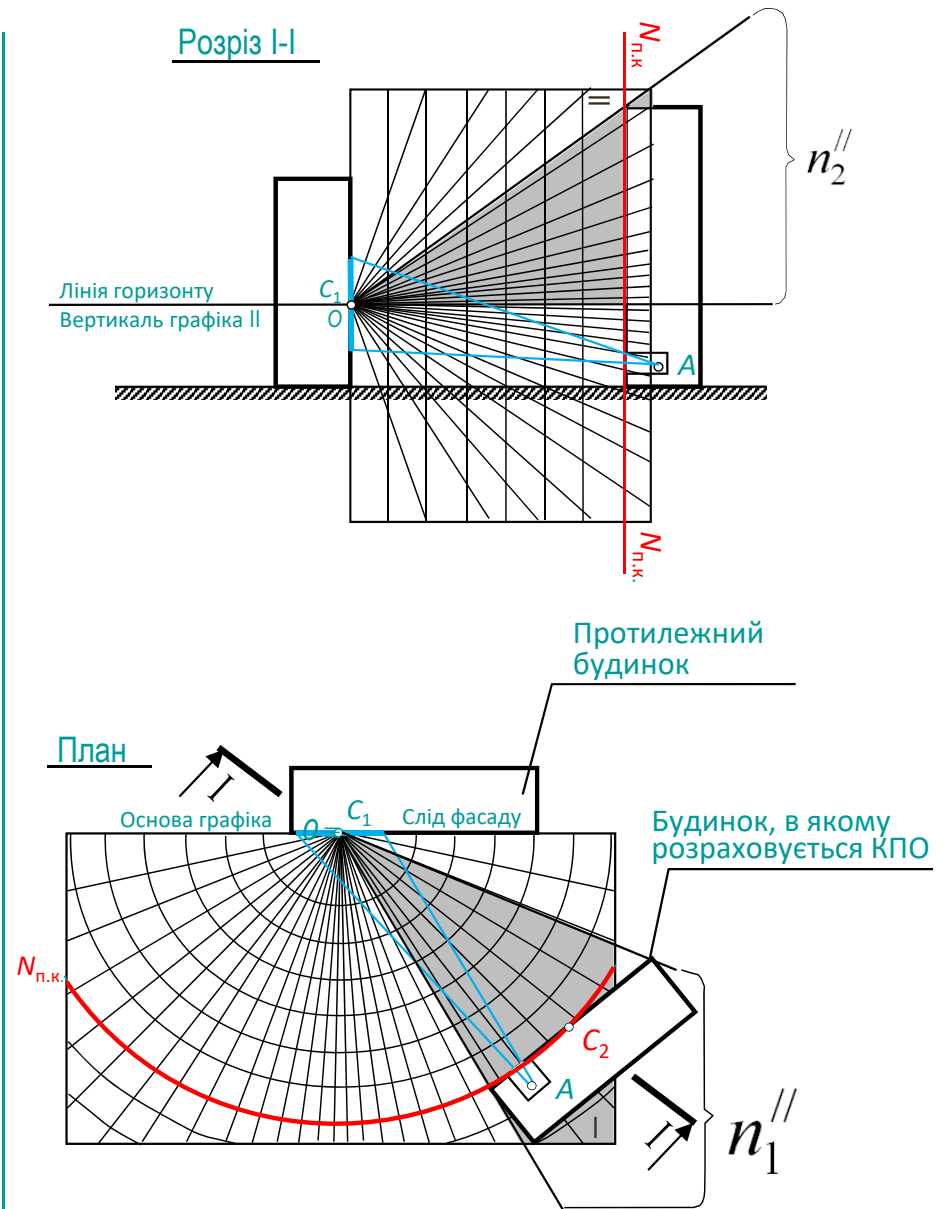
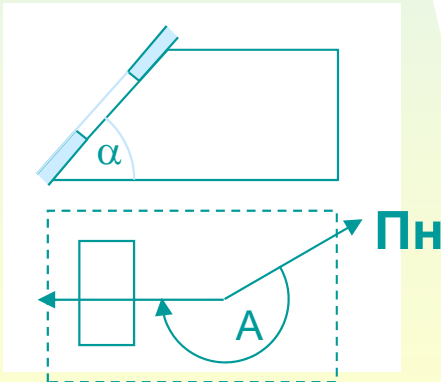


Рисунок Л.6 - Определение количества лучей  $n_1$  и  $n_2$  для расчета относительной яркости противоположного дома

# 3.1. Методи розрахунку й оптимізації освітлення будівель

## 3.1.2. Принципи розрахунку природного освітлення

### ■ Значення коефіцієнта світлового клімату $t$



Таблиця М.1 – Значення коефіцієнта світлового клімату  $t$

Світло-кліматичний район (рис. Л.1)	Значення $t$ для світлопрорізів								орієнтованих на зеніт
	Вертикальних, орієнтованих на:								
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	
I	0,93	0,96	1,00	1,02	1,03	1,02	1,01	0,96	0,99
II	1,05	1,09	1,14	1,16	1,18	1,17	1,15	1,09	1,12
III	1,07	1,12	1,18	1,22	1,23	1,22	1,20	1,12	1,17
IV	1,15	1,21	1,28	1,32	1,33	1,32	1,29	1,21	1,26

**Примітка 1.** При розташуванні світлопрорізів у площинах, нахилених до горизонту під кутом  $\alpha$ , град, значення  $t$  визначається за формулою

$$t = \frac{m_1 \alpha + m_2 (90 - \alpha)}{90},$$

де  $m_1$  – коефіцієнт світлового клімату для вертикального світлопрорізу відповідного типу та орієнтації у даному районі світлового клімату;  $m_2$  – коефіцієнт світлового клімату для світлового прорізу, орієнтованого на зеніт, у даному районі.

**Примітка 2.** Орієнтація світлопрорізів визначається азимутом  $A$  – кутом в плані між напрямом на північ та вектором, спрямованим зсередини приміщення назовні, перпендикулярно до площини світлопрорізу; відраховується від напрямку на північ за годинниковою стрілкою: Пн – північна ( $0 < A \leq 22,5^\circ$ ;  $337,5 < A \leq 360^\circ$ ); ПнС – північно-східна ( $22,5 < A \leq 67,5^\circ$ ); С – східна ( $67,5 < A \leq 112,5^\circ$ ); ПдС – південно-східна ( $112,5 < A \leq 157,5^\circ$ ); Пд – південна ( $157,5 < A \leq 202,5^\circ$ ); ПдЗ – південно-західна ( $202,5 < A \leq 247,5^\circ$ ); З – західна ( $247,5 < A \leq 292,5^\circ$ ); ПнЗ – північно-західна ( $292,5 < A \leq 337,5^\circ$ ).

**Примітка 3.** Коефіцієнт  $t$  для фасадів протилежних будинків визначається аналогічно в залежності від азимута  $A$  фасаду.



# 3.1. Методи розрахунку й оптимізації освітлення будівель

## 3.1.2. Принципи розрахунку природного освітлення

Загальний коефіцієнт світлопропускання  $\tau_0$  визначається за формулою

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5, \quad (Л.3)$$

$\tau_1$  – коефіцієнт світлопропускання матеріалу, який визначається за таблицею Л.9;

$\tau_2$  – коефіцієнт, що враховує втрати світла у рамах світлопрорізу, який розраховується за формулою

$$\tau_2 = \frac{S_B - S_P}{S_B} \quad (Л.4)$$

$\tau_4$  – коефіцієнт, що враховує втрати світла у сонцезахисних пристроях, який визначається за таблицею Л.11



Таблиця Л.9 – Значення коефіцієнта  $\tau_1$

Вид світлопрозорого матеріалу	Значення $\tau_1$
Скло безкольорове завтовшки, мм	
2,0	0,89
3,0	0,88
4,0	0,87
5,0	0,86
6,0	0,85
8,0	0,83
10	0,81
12	0,79
15	0,76
19	0,72
25	0,67
Скло листове армоване	0,6
Скло листове візерункове	0,65
Скло сонцезахисне	0,65
Скло спектрально-селективне	0,75
Органічне скло:	
прозоре	0,9
молочне	0,6
Склоблоки:	
світлорозсіювальні	0,5
світлопроникні	0,55
Склопрофіліт:	
швелерного перерізу	0,8
коробчастого перерізу	0,65

Таблиця Л.11 – Значення коефіцієнта  $\tau_4$

№ схеми	Схема	Значення $\tau_4$	№ схеми	Схема					Значення $\tau_4$
				$\alpha$	a	b	c	d	
1	Горизонтальні жалюзі 	$\alpha = 0^\circ$ 0,75 $\alpha = 45^\circ$ 0,35	7	Стільникоподібні 					
				$\alpha$	a	b	c	d	
2	Маркізи напівпрозорі 	$\beta = 45^\circ$ 0,4		0°	1	11	11	5	0,57
				30°	1	8	37	5	0,61
3	Козирок решітчастий 	$\beta = 45^\circ$ 0,65 $\beta = 30^\circ$ 0,82 $\beta = 15^\circ$ 0,95		45°	1	7	24	5	0,54
				15°	1	9	37	7	0,62
				15°	1	10	37	5	0,70
4	Козирок суцільний 	$\beta = 45^\circ$ 0,6 $\beta = 30^\circ$ 0,8 $\beta = 15^\circ$ 0,95		45°	1	7	37	5	0,55
				0°	1	11	11	7	0,48
				30°	1	8	37	7	0,54
5	Вертикальні екрани 	$\gamma = 15^\circ$ 0,95 $\gamma = 30^\circ$ 0,85		45°	1	5	37	7	0,45
				15°	1	9	37	10	0,61
				30°	1	6	37	10	0,50
6	Вертикальні жалюзі 	$\gamma = 45^\circ, \alpha = 90^\circ$ 0,70 $\gamma = 45^\circ, \alpha = 45^\circ$ 0,60		45°	1	7	37	7	0,57
				15°	1	10	37	10	0,56
				15°	1	9	24	10	0,49
				45°	1	2	37	10	0,32

## 3.1. Методи розрахунку й оптимізації освітлення будівель

### 3.1.2. Принципи розрахунку природного освітлення

#### Ув'язка питань нормування та розрахунку природного освітлення з інсоляцією та сонцезахистом приміщень

**6.17** Під час проектування необхідно передбачати на світлопрозорих конструкціях, орієнтованих на південно-західний та західний сектори горизонту в межах  $(200 - 290)^\circ$  використання сонцезахисних пристроїв:

- при звичайному проценті скління (менше ніж 18 % для жилих будинків, менше ніж 25 % – для громадських будівель) у I, III і V архітектурно-будівельних кліматичних районах, згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27, – зовнішні чи міжскляні сонцезахисні пристрої; у II та IV архітектурно-будівельному кліматичному районі – зовнішні сонцезахисні пристрої;
- при підвищеному проценті засклення зовнішні сонцезахисні пристрої необхідно передбачати у всіх архітектурно-будівельних кліматичних зонах;
- в одноповерхових будинках сонцезахист дозволяється забезпечувати засобами озеленення.

У приміщеннях будинків та споруд, в яких за технологічними умовами не дозволяється інсоляція, а також приміщення з охолодженням повітря необхідно облаштовувати сонцезахисними пристроями не залежно від орієнтації (за винятком приміщень, орієнтованих на північ).

Геометричні параметри сонцезахисних пристроїв необхідно розраховувати за допомогою комплексних сонячних карт, згідно з ДСТУ-Н Б.В 2.2-27.

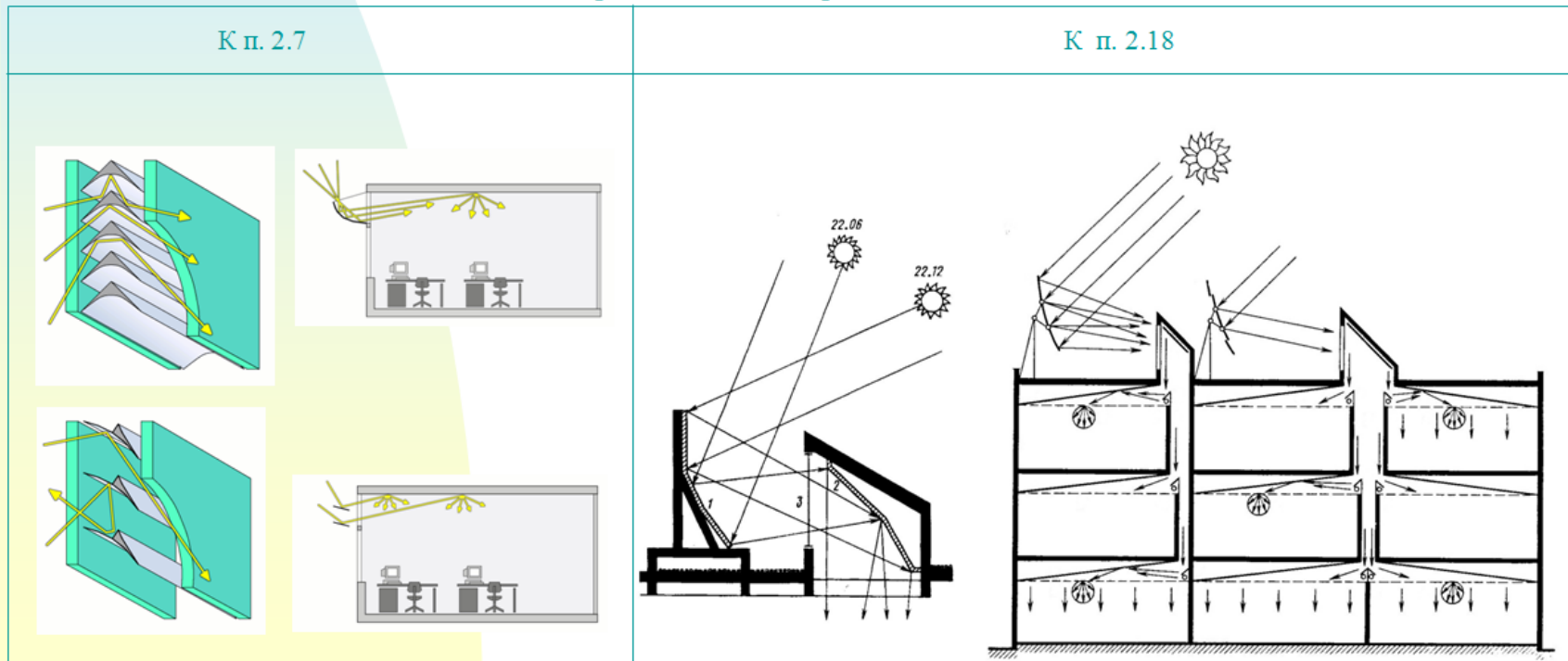
## 3.1. Методи розрахунку й оптимізації освітлення будівель

### 3.1.2. Принципи розрахунку природного освітлення

#### Застосування спеціальних відбивальних систем та порожнистих світловодів, а також геліоакумулюючих систем

2.7 У приміщеннях глибиною 6 м та більше доцільно застосовувати на вікнах спеціальні відбивальні екрани та жалюзі, що перерозподіляють світловий потік в глибину приміщення.

2.18 У II, IV та V архітектурно-будівельних кліматичних районах для освітлення природним світлом великих торговельних приміщень, багатопверхових виробничих будівель, підземних гаражів та інших подібних приміщень, в яких природне освітлення не нормується, доцільно використовувати пасивні та активні геліоосвітлювальні системи та світловоди, що направляють відбиті сонячні промені або дифузне світло від найбільш яскравої частини неба в приміщення, а також геліоакумулюючі системи для суміщеного та штучного освітлення.



## 3.1. Методи розрахунку й оптимізації освітлення будівель

---

### 3.1.2. Принципи розрахунку природного освітлення

#### Комп'ютерні програми для розрахунку КПО

На цей час існує багато комп'ютерних програм розрахунку. Серед найбільш відомих наступні:

Radiance (можна скачати з сайту [www.bakharev.org](http://www.bakharev.org));

Daylight Visualizer (можна скачати з сайту [http://viz.velux.com/daylight\\_visualizer/download](http://viz.velux.com/daylight_visualizer/download) )

Ситис: Солярис (<http://sitis.ru/solaris>);

Lara (о цій програмі можна прочитати [www.bakharev.org](http://www.bakharev.org))