

Лекція 2. НОРМУВАННЯ ПРИРОДНОГО, СУМІЩЕНОГО ТА ШТУЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ

Розряди зорової роботи та необхідний рівень освітленості робочих місць

В залежності від характеристики зорової роботи та розмірів об'єкта розрізнення встановлені розряди зорової роботи.

Об'єкт розрізнення – предмет, що розглядається, окрема його частина або дефект, які треба розрізнити в процесі освітлення.

Для виробничих приміщень є такі розряди зорової роботи:

| Характеристика зорової роботи | Найменший розмір об'єкта розрізнення, мм | Розряд зорової роботи |
|---|--|-----------------------|
| Найвищої точності | Менше 0,15 | I |
| Дуже високої точності | Більше 0,15 до 0,3 | II |
| Високої точності | Більше 0,3 до 0,5 | III |
| Середньої точності | Більше 0,5 до 1 | IV |
| Малої точності | Більше 1 до 5 | V |
| Груба (дуже малої точності) | Більше 5 | VI |
| Робота з матеріалами, що світяться | Більше 5 | VII |
| Загальне спостереження за ходом виробничого процесу | – | VIII |

Крім того встановлені ще підрозряди зорової роботи – а, б, в, г в залежності від контрасту об'єкта з фоном (малий, середній та великий) та характеристики фону (світлий, середній темний).

Для кожного підрозряду встановлено рівень освітленості робочої поверхні E_n у люксах для штучного освітлення.

Що таке робоча поверхня?

Робоча поверхня – це поверхня на якій виконується зорова робота.

Аналогічні розряди та підрозряди існують для приміщень громадського призначення. Розряди – А,Б,В,Г,Д,Е; підрозряди – 1,2.

Нормування природного освітлення

Протягом світлого часу доби зовнішня освітленість постійно змінюється, що пов'язано зі зміною положення Сонця на небозводі, наявністю хмарності і її типом тощо. Отже, нормувати природну освітленість приміщень в абсолютних одиницях освітленості – люксах – не раціонально. Тому за нормовану величину природної освітленості прийнято брати величину D , %, :

$$D = \frac{E_n}{E_3} \cdot 100, \quad (2.1)$$

де E_B – 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_3 – зовнішня горизонтальна освітленість під цілком відритим небозводом, заміряна у той же момент часу, що й E_B , лк.

Ця величина називається *коефіцієнтом природної освітленості* (КПО) *daylight factor*. Вона оцінює не величину освітленості, а ту частку світла, що потрапляє до приміщення через світлопрорізи, від загальної кількості світла, випромінюваного небозводом. **За умови суцільної хмарності** у світлий час доби вона практично буде незмінною та буде визначатися площею, орієнтацією, розташуванням світлопрорізів, видом та чистотою їхнього заповнення, наявністю і характеристиками сусідніх будинків (що частково затіняють небозвід), сонцезахисних пристроїв, сніжного покриву, а також колірною обробкою інтер'єра, тобто параметрами, якими може керувати архітектор, або величинами, що можуть бути враховані ним у процесі проектування.

Що таке суцільна хмарність?

Відповідно до рішення Міжнародної комісії з освітленості розрахунок та нормування КПО проводиться при хмарності неба 8-10 балів, при якій яскравість неба визначається законами:

– при безсніжному стані земної поверхні (закон Муна-Спенсер)

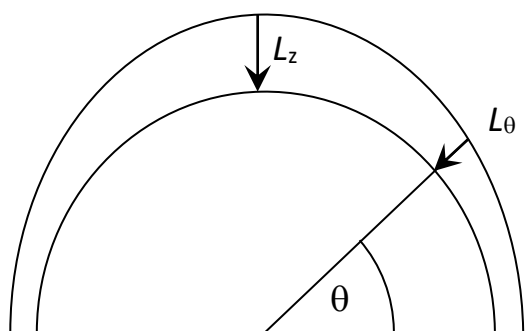
$$L_{\theta} = L_z \left(\frac{1 + 2 \sin \theta}{3} \right), \quad (2.2)$$

– при сніговому покриві на земній поверхні (застосовується, якщо сніговий покрив тримається більше 6 місяців на рік. В Україні не застосовується):

$$L_{\theta} = L_z (0,6 + 0,4 \sin \theta), \quad (2.3)$$

де L_{θ} – яскравість точок небозводу, що мають кутову висоту θ ;

L_z – яскравість зеніту небозводу.



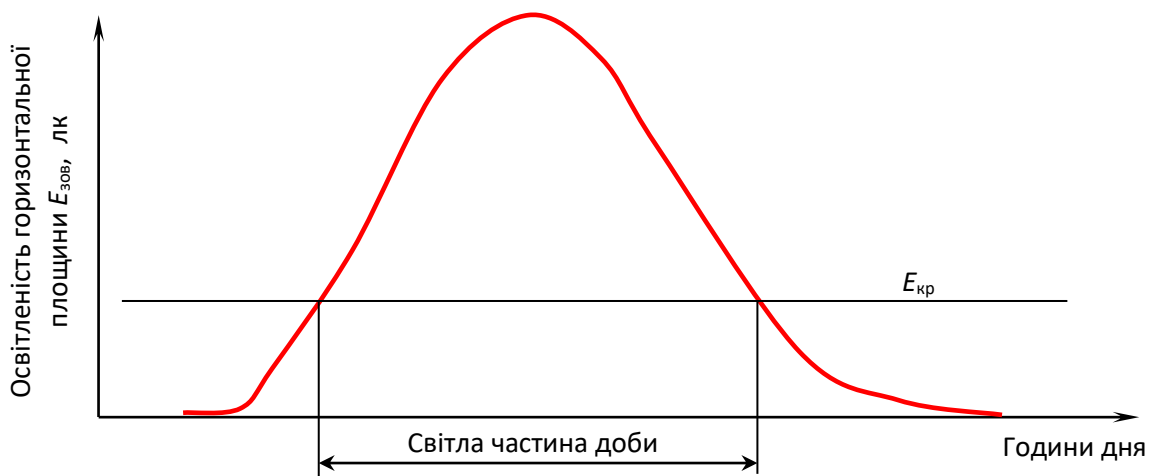
При відсутності снігу $L_{\theta} = \frac{1}{3} L_z,$

L_{θ} при сніговому покриві $L_{\theta} = 0,6 L_z$

Як бачимо з формул (2.2) і (2.3), що яскравість небозводу **при суцільній хмарності** вважається однаковою для будь якої орієнтації відносно сторін горизонту і залежить лише від кутової висоти ділянки небозводу, що спостерігається.

Необхідно проектувати систему природного освітлення так, щоб у **світлу частину доби** у приміщеннях, де нормується природне освітлення можна було працювати без штучного освітлення.

Що таке світла частина доби?



Що таке критична освітленість?

Це таке значення зовнішньої освітленості горизонтальної площини, нижче якої необхідно вмикати світло в приміщеннях. Вона залежить від економічних чинників, від призначення приміщення, від властивостей зору корінних жителів.

Економіка – тепловтрати та теплонадходження через вікна.

Призначення – характер зорової роботи (розмір об'єкта розрізнення).

Властивість зору – африканець, чи житель похмурого Альбіону.

В Україні критична освітленість $E_{кр}$ дорівнює:

- для житлових приміщень – 30000 лк;
- для аудиторій ВНЗ – 33000 лк;
- для класів шкіл – 26670 лк.

При цьому, нормативна величина освітленості робочою поверхні у цих приміщеннях E_n дорівнює:

- для житлових приміщень – 150 лк;
- для аудиторій ВНЗ – 400 лк;
- для класів шкіл – 400 лк.

Яке ж значення КПО повинно бути, щоб забезпечити таке освітлення при критичній освітленості?

$$D_n = \frac{E_v}{E_3} \cdot 100 = \frac{E_n}{E_{кр}} \cdot 100$$

Звідки

- для житлових приміщень $D_n = 0,5\%$;
- для аудиторій ВНЗ $D_n = 1,2\%$;
- для класів шкіл $D_n = 1,5\%$.

Ці значення повинні бути забезпечені на робочій поверхні в найбільш несприятливій точці.

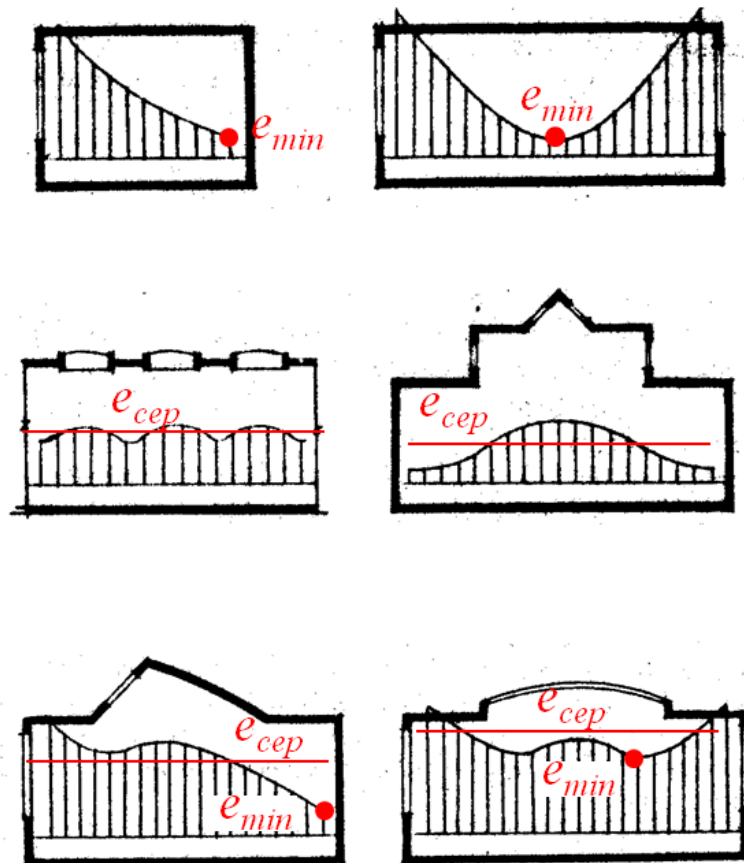
Значення D_n і положення робочої поверхні вказується у відповідних таблицях ДБН. При цьому у ДБН по різному нормуються ці значення для систем бокового природного освітлення та верхнього і комбінованого освітлення.

Що таке системи природного освітлення?

Бокове природне освітлення – освітлення приміщень крізь світлові прорізи у зовнішніх стінах

Верхнє природне освітлення – освітлення приміщень крізь ліхтарі, світлові прорізи у стінах в місцях перепаду висот

Комбіноване природне освітлення – поєднання верхнього і бокового освітлення



Транспортоване - освітлення, що потрапляє у приміщення за допомогою інженерної системи на основі світловодів, та використовується для освітлення глибинного або підземного внутрішнього простору будівель і споруд

Акумуляоване – освітлення за допомогою світильників, що акумулюють в денний час доби енергію від небосхилу та використовують її для нічного освітлення

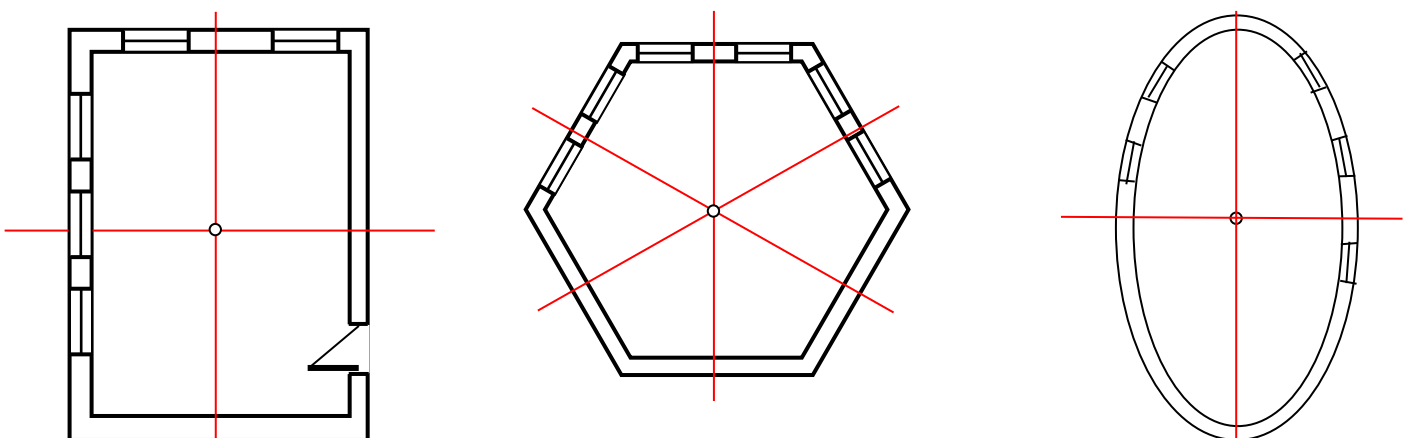
КПО нормується:

- При боковому освітленні – у найбільш несприятливій точці робочої поверхні по **характерному розрізу** приміщення.
- При верхньому та комбіновану освітленні – середнє значення КПО на робочій поверхні по **характерному розрізу** приміщення. Але, при цьому, освітленість у найбільш несприятливій точці не повинна бути менша за нормативне значення КПО при боковому освітленні у приміщенні даного типу.

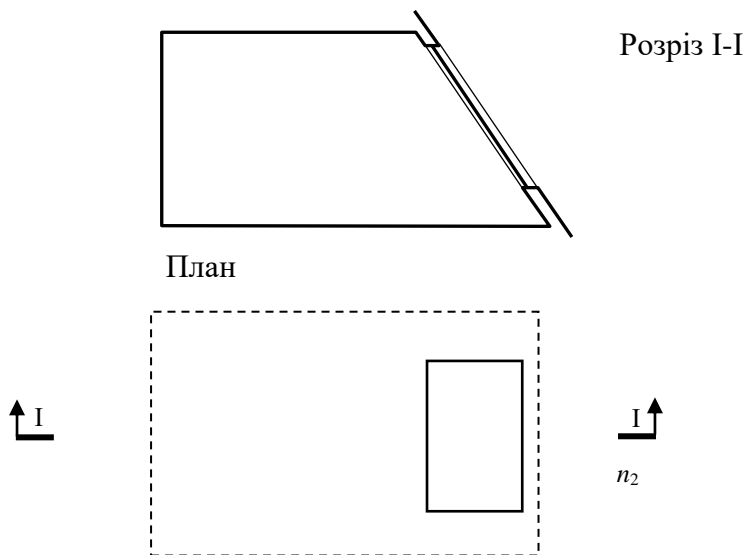
Що таке характерний розріз приміщення?

Характерний розріз приміщення – Поперечний розріз, як правило, по середині приміщення, площина якого перпендикулярна до площини закслених світлових прорізів (при боковому освітленні) або до поздовжньої осі прогонів приміщення. До характерного розрізу приміщення повинні входити ділянки з найбільшою кількістю робочих місць, а також точки робочої зони, найбільш віддалені від світлових прорізів

А що тут вважати характерним розрізом?



А до якої системи природного освітлення віднести такий випадок?



Що значить найбільш несприятлива точка (тобто – розрахункова точка)?

- при боковому освітленні з однієї сторони розрахункова точка знаходиться на перетині робочої поверхні та площини характерного розрізу на відстані 1 м від стіни, протилежної вікнам.

- при боковому двосторонньому освітленні приміщень та однакових вікнах з обох сторін дозволяється за розрахункову точку приймати точку, розташовану в центрі приміщення на перетині вертикальної площини характерного розрізу і робочої поверхні.

- при верхньому або комбінованому природному освітленні приміщень розрахункових точок повинно бути не менше п'яти. Перша і остання точки приймаються на відстані 1 м від внутрішніх поверхонь стін (перегородок) або осей колон.

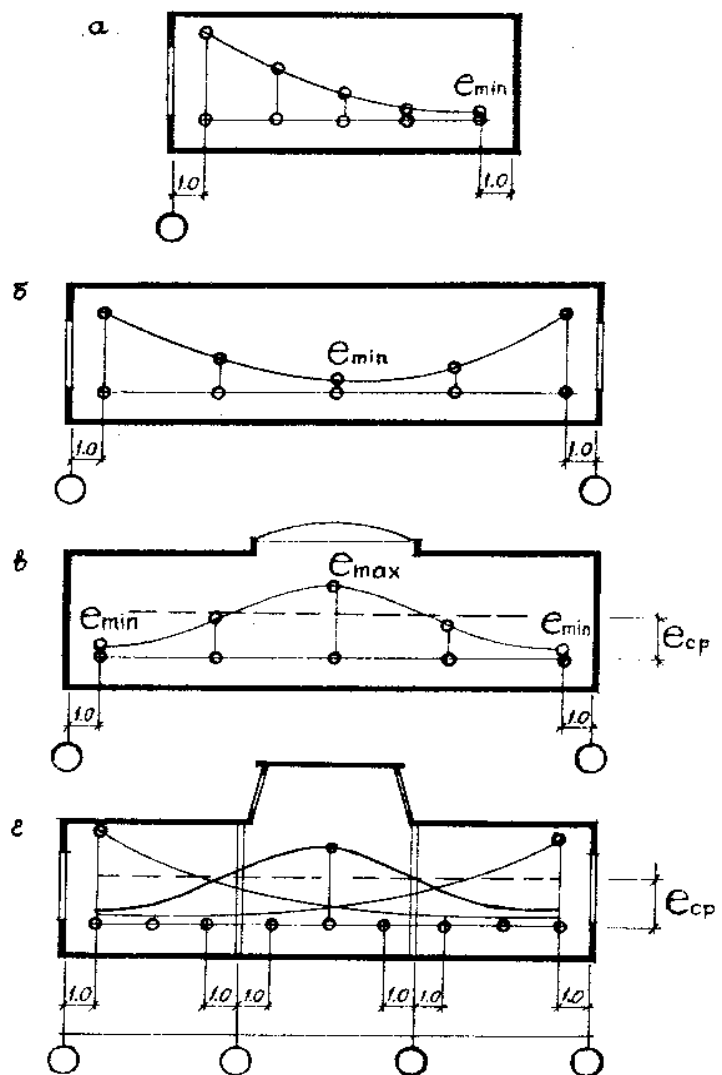


Рис 6. РАСЧЕТНЫЕ ТОЧКИ НА РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

У виробничих приміщеннях глибиною до 6 м при односторонньому боковому освітленні нормується мінімальне значення КПО в точці на **умовній робочій поверхні**, розташованій на перетині цієї поверхні та вертикальної площини характерного розрізу приміщення на відстані 1 м від стіни або від максимально заглибленої частини робочої поверхні, найбільше віддаленої від світлових прорізів;

У великогабаритних виробничих приміщеннях глибиною більше 6 м при боковому освітленні нормується мінімальне значення КПО в точці на умовній робочій поверхні, віддаленій від світлових прорізів:

– на 1,5 висоти від підлоги до верху світлових прорізів для зорової роботи I – IV розрядів;

– на 2 висоти від підлоги до верху світлових прорізів для зорової роботи V – VII розрядів;

– на 3 висоти від підлоги до верху світлових прорізів для зорової роботи VIII розряду.

Умовна робоча поверхня – площа, розташована на висоті 0,8 м від підлоги.

Оскільки для більшості приміщень може бути застосовані різні системи природного освітлення, тому у нормах наводяться значення D_n як для бокового, так і для верхнього та комбінованого освітлення. Наприклад, для житлових кімнат

- При боковому освітленні $D_n = 0,5\%$
- При верхньому і комбінованому $D_n = 2\%$

Нормування суміщеного освітлення

Суміщене освітлення – освітлення при якому недостатнє за нормами природне освітлення доповнюється штучним.



У виробничих приміщеннях із зоровою роботою I – III розрядів слід використовувати суміщене освітлення.

Суміщене освітлення приміщень житлових, громадських і допоміжних будинків допускається передбачати у випадках, коли це потрібно за умов вибору раціональних об'ємно-планувальних рішень **за винятком**:

- житлових кімнат житлових будинків і гуртожитків,
- віталень і номерів готелів,

- спальних приміщень санаторіїв і будинків відпочинку,
- групових, ігрових, їдальнь та залів для музичних та фізкультурних занять закладів дошкільної освіти,
- палат лікувально-профілактичних установ.

При суміщеному освітленні розрахункові значення КПО повинні складати не менше $0,6 D_n$ для приміщень даного типу.

Допускається приймати розрахункові значення КПО в межах до $0,3 D_n$ для торговельних залів магазинів і залів підприємств громадського харчування.

Закони природного освітлення

В основу більшості уточнених методів розрахунку природної освітленості покладені такі закони:

1. Закон суперпозиції, відповідно до якого розрахунок КПО в будь-якій точці приміщення e , %, від декількох світлопрорізів зводиться до послідовного незалежного визначення КПО від кожного світлопрорізу для цієї точки і наступного додавання отриманих значень:

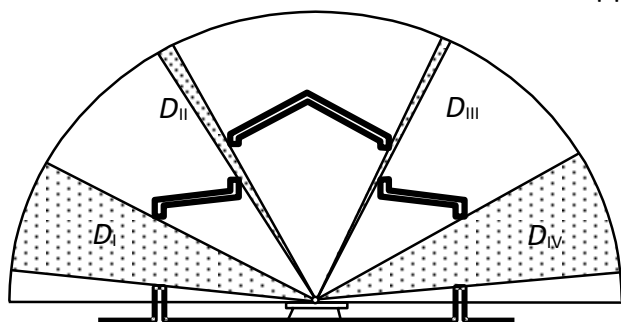


Рис. 7.2. Схема до закону суперпозиції

$$D = D_I + D_{II} + \dots + D_M, \quad (7.8)$$

де D_I, D_{II}, \dots, D_M – значення КПО в розрахунковій точці від окремих світлопрорізів, %;

M – кількість світлопрорізів у приміщенні (рис. 7.2).

2. Закон розділеного світлового потоку, відповідно до якого КПО в будь-якій точці приміщення D_i , %, від i -го світлопрорізу формується внаслідок приходу чотирьох окремих складових: $D_{нз}$ – від прямого світла небозводу, $D_{буд}$ – від світла, відбитого від сусідніх будинків, $D_з$ – від світла, відбитого поверхнею землі, та $D_п$ – від світла, відбитого від внутрішніх поверхонь приміщення (рис. 7.3). Його значення можна обчислити за формулою

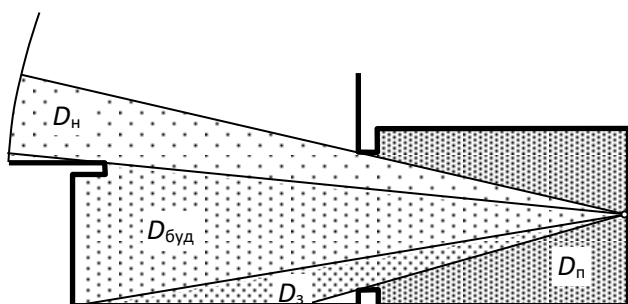


Рис. 7.3. Схема до закону розділеного

$$D_i = D_{нз} + D_{буд} + D_з + D_п. \quad (7.9)$$

3. Закон проєкції тілесного кута, відповідно до якого освітленість у приміщенні E_v , лк, створювана прямим світлом, що пройшов крізь незаповнений

світлопроріз, від рівномірно яскравого небозводу, прямо пропорційна яскравості неба і площі проекції на освітлювану площину тілесного кута, під яким видно ділянку неба з даної точки приміщення (рис. 7.4). Математично цей закон записується формулами

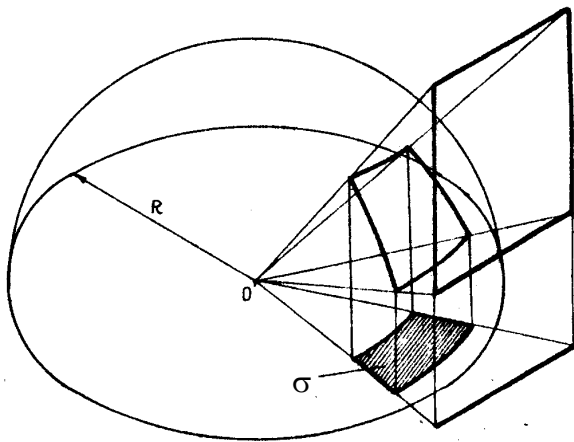


Рис. 7.4. Схема до закону проекції тілесного кута

$$\begin{cases} E_v = L\sigma; \\ \varepsilon = \frac{\sigma}{\pi R^2} 100, \end{cases} \quad (7.10)$$

де L – яскравість небозводу, кд/м²;
 ε – геометричний коефіцієнт природної освітленості (ГКПО), %;

σ – проекція на робочу площину (РП) частини небозводу, видимого з розрахункової точки;

R – радіус небесної сфери (зазвичай приймається рівним 1).

Геометричний коефіцієнт природної освітленості – Відношення площі ортогональної проекції 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. Це – **доля світла неба** в коефіцієнті природної освітленості $[D_s]$, а у разі розрахунку геометричного коефіцієнта природної освітленості від протилежного будинку – відношення площі ортогональної проекції на робочу площину ділянки небесної півсфери, що затінюється будинком у розрахунковій точці, до площі основи небесної півсфери. Це – **доля зовнішнього відбивання** в коефіцієнті природної освітленості $[D_e]$

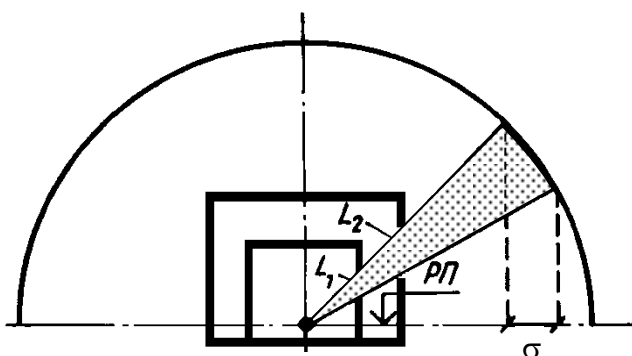


Рис. 7.5. Схема до закону світлотехнічної подібності

4. Закон світлотехнічної подібності, відповідно до якого освітленість у будь-якій точці приміщення не буде змінюватися, якщо гомологічно змінювати розміри приміщення з центром гомології у цій точці. Тобто КПО не залежить від абсолютних розмірів приміщення, а значить розраховувати КПО можна на моделях будь-якого масштабу (рис. 7.5).

Однак, на щастя, не всі дні похмурі, навіть узимку. Тому логічно це враховувати при проектуванні природного освітлення. У

сонячний день найбільша яскравість небозводу (у середньому за день) буде з південного боку, найменша – з північного.