

## ЛЕКЦІЯ 3. РОЗРАХУНОК ПРИРОДНОГО ОСВІТЛЕННЯ

### Стан проблеми

Основоположником розрахунку природного освітлення приміщень є Миколай А. Ринин – який ще в 1908 р. надрукував підручник з нарисної геометрії, який мав назву «Дневной свет и расчёт освещенности помещений», де були закладені фундаментальні основи розрахунку природного освітлення.

В 1931 р. Данилюком А.М. у статті «Новый метод расчёта освещенности от прямоугольных светопроёмов» був запропонований спрощений метод розрахунку, так званий, інженерний метод, який з певними вдосконаленнями та змінами діє на території країн, що були у складі СРСР, до цього часу. Подібні методи ручних розрахунків є і в інших країнах. З ними можна ознайомитися у навчальному посібнику «Світлопрозорі огородження», який був написаний п/р О.Л.Підгорного.

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

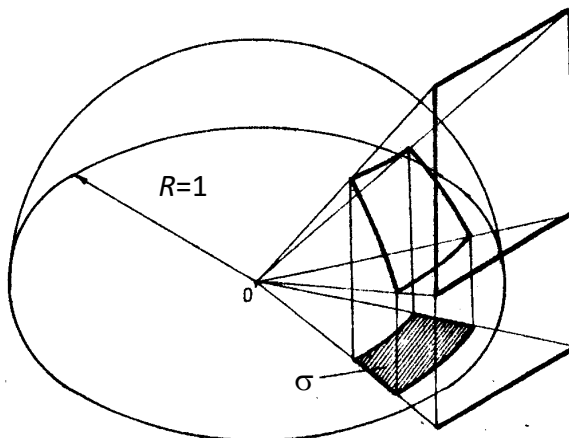
- Radiance ( можна скачати з сайту <http://radsite.lbl.gov/radiance/>);
- Ситис: Солярис (<http://sitis.ru/solaris>);
- Velux Daylight Visualizer (<https://www.velux.com/article/2016/daylight-visualizer>)  
(Daylight expert at the VELUX Group – architect)
- Lara (о цій програмі можна прочитати [www.bakharev.org](http://www.bakharev.org))

Однак всі методи базуються на геометричному моделюванні процесу освітлення приміщень через вікно.

Ми розглянемо нормативну методику розрахунку, що діє зараз в Україні, з деякими змінами, які набирають чинність з 1.03.2019 р.

### Геометричний коефіцієнт природного освітлення

**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. 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 [ $D_e$ ]

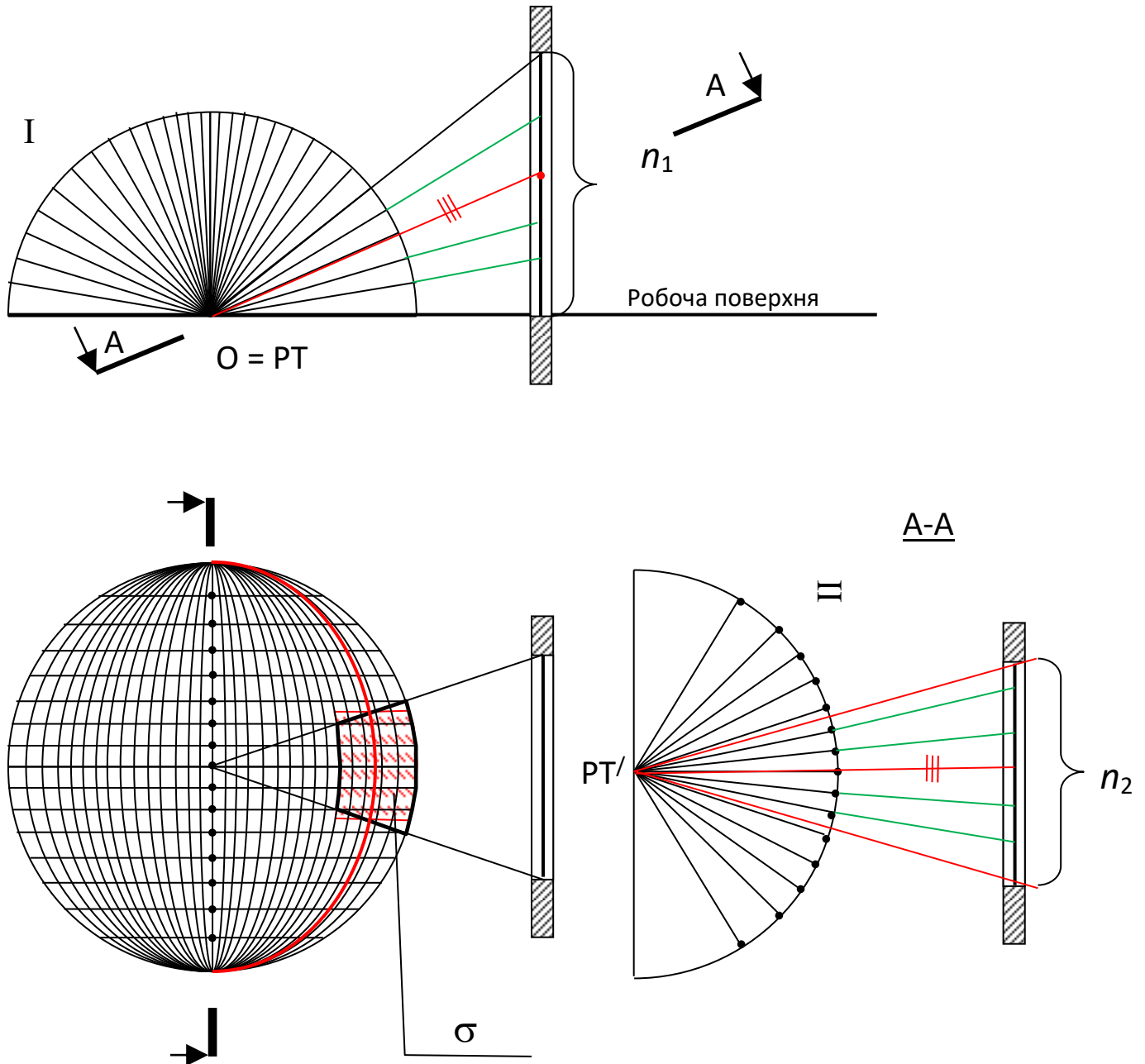
КПО	Геометричний КПО
$D = \frac{E_B}{E_3} \cdot 100\%$	$D_{s/e} = \frac{\sigma}{\pi} \cdot 100\%$
1. Яскравість ділянки вікна залежить від яскравості ділянки неба, або сусіднього будинку, що спостерігається через вікно $L_0 = \text{var}$	1. Вважається, що яскравість стала $L = \text{const}$
2. Світлопроріз має заповнення	2. Світлопроріз – це лише отвір в стіні
3. Стіни, стеля, підлога відбивають світло та посилюють освітленість у РТ	3. Усі поверхні у приміщенні чорні

*(страшилка про чорну-чорну кімнату).*

Тобто геометричний КПО враховує лише геометричні параметри: розміри та форму світлопрорізу, його положення по відношенню до робочою поверхні та РТ.

Нормативна методика розрахунку КПО (як і більшість інших) є двоетапною. На першому етапі розраховується геометричні КПО від ділянок неба та протилежних будинків, які спостерігаються з РТ через вікно; на другому етапі – геометричні КПО доповнюються значеннями їх яскравості та враховуються інші фізичні показники, що впливають на рівень освітлення: заповнення світлопрорізів, світло, відбите від поверхонь приміщення, наявність сонцезахисних пристроїв тощо.

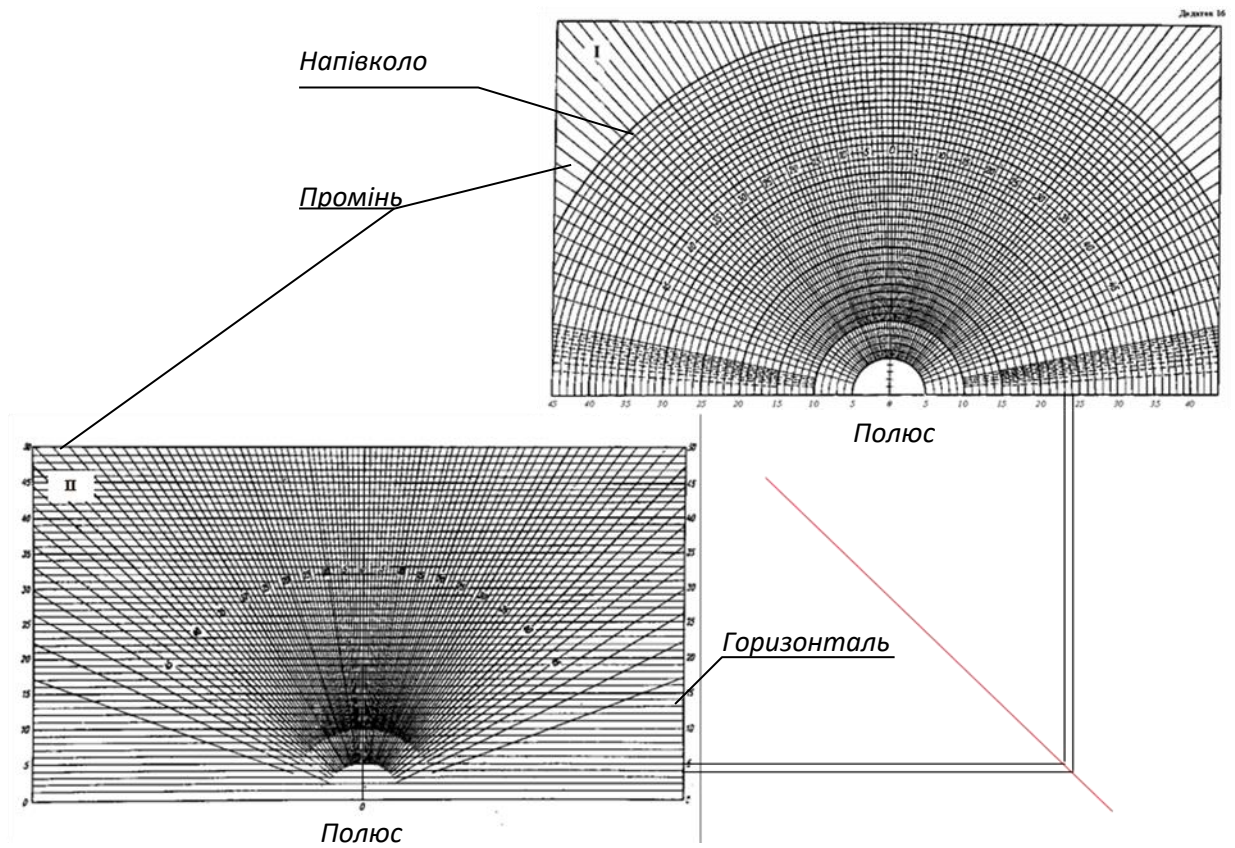
## Розрахунок геометричних КПО



Небесна півсфера розбита на комірки 100 радіальними та 100 вертикальними площинами так, щоб площі проєкцій усіх комірок були рівними і дорівнювали  $1/10000$  площі круга. Тоді

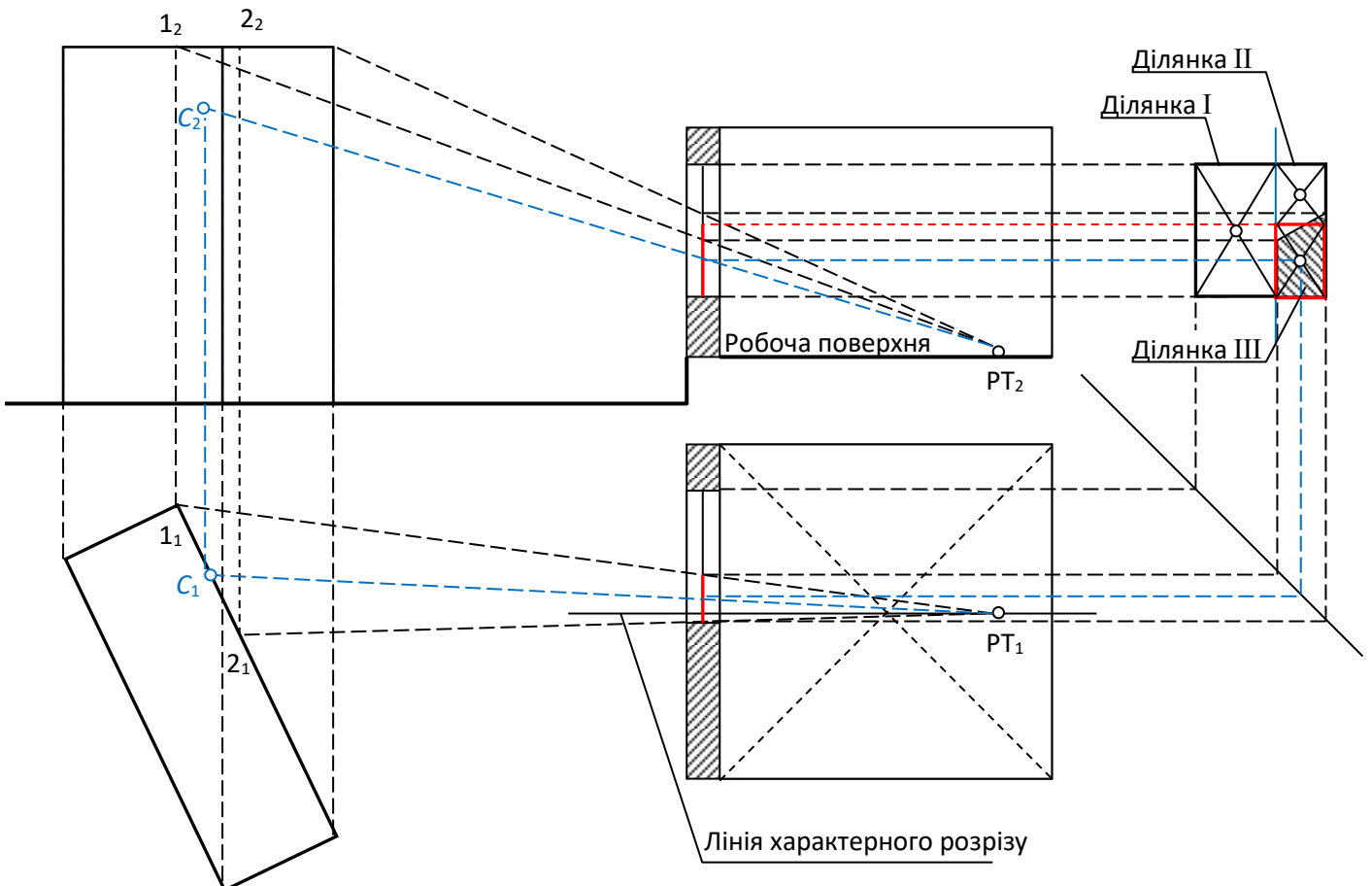
$$D_{s/e} = \frac{\sigma}{\pi R^2} 100\% = \frac{n_1 n_2}{10000} \cdot 100 = 0,01 n_1 n_2$$

Це і зробив А.М.Данилюк.

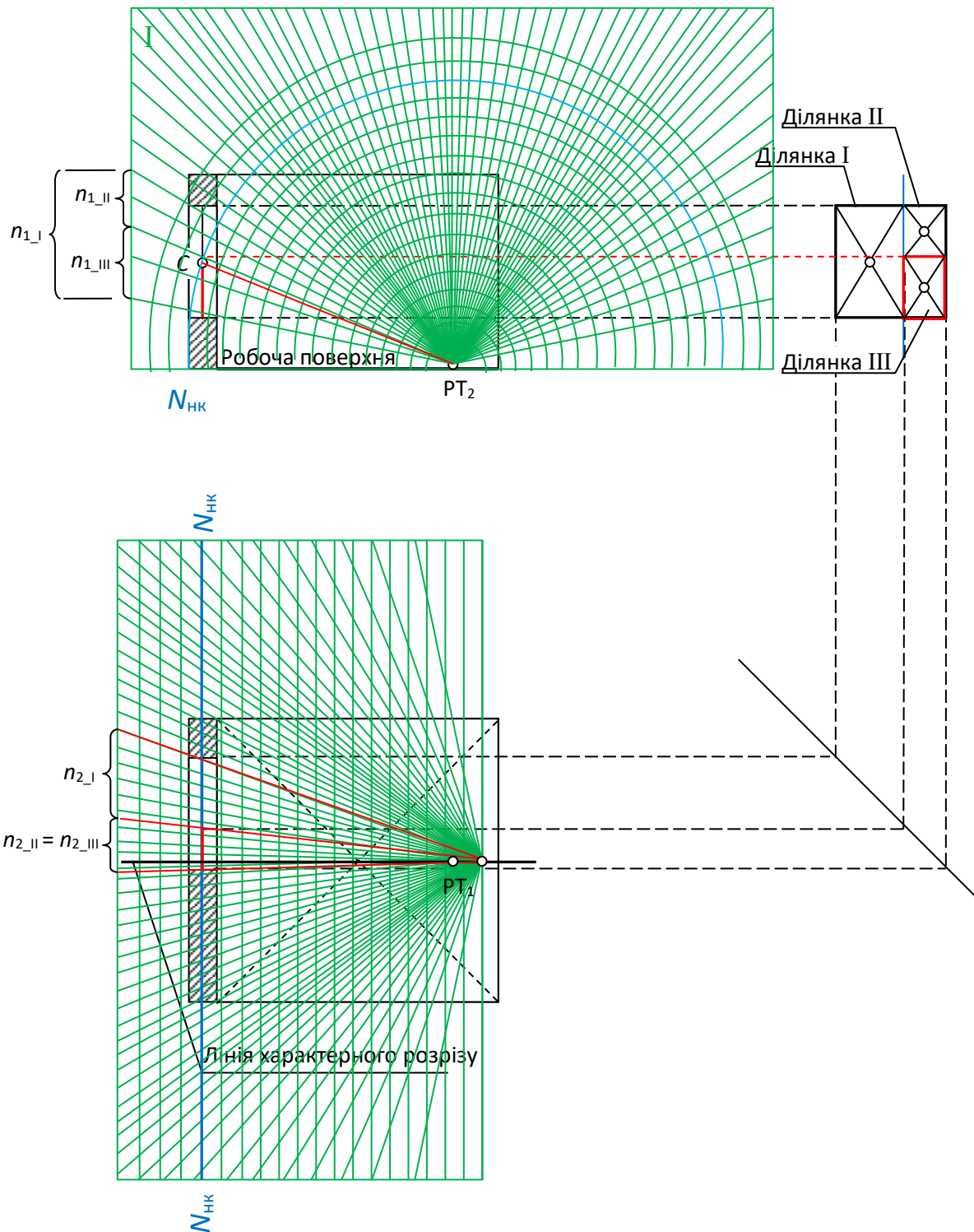


**Розглянемо використання графіків А.М. Данилюка на конкретному прикладі**

*1. Визначення ділянок вікна, в межах яких можна вважати яскравість сталою*



## 2. Визначення геометричних КПО для кожної ділянки

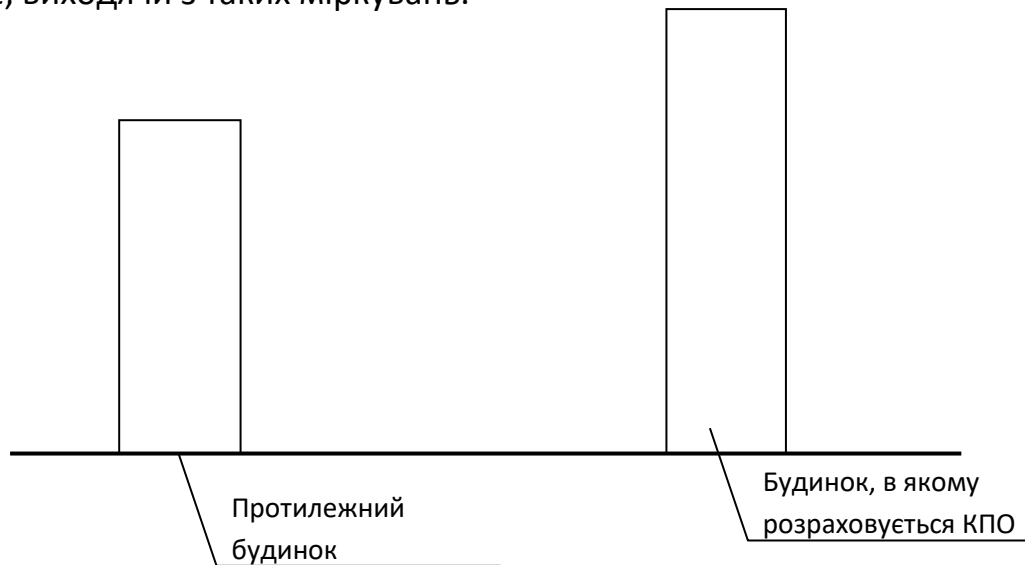


## 3. Визначення відносної яскравості кожної ділянки

Відносна яскравість ділянок неба визначається за формулою Муна-Спенсер:

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

Відносна яскравість фасаду протилежного будинку визначається значно складніше, виходячи з таких міркувань.



Протилежний будинок сам не випромінює світла, а його яскравість обумовлена тим, що він частково відбиває світло неба. Тому його яскравість залежить від освітленості ділянкою неба, яка його освітлює, та від коефіцієнта світловідбиття фасаду  $\rho_f$ . Коефіцієнт  $\rho_f$  визначається в залежності від кольору фасаду та відсотка застакління (буде розглянуто на практичних заняттях).

Формула, за якою визначається яскравість фасаду протилежного будинку наступна

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

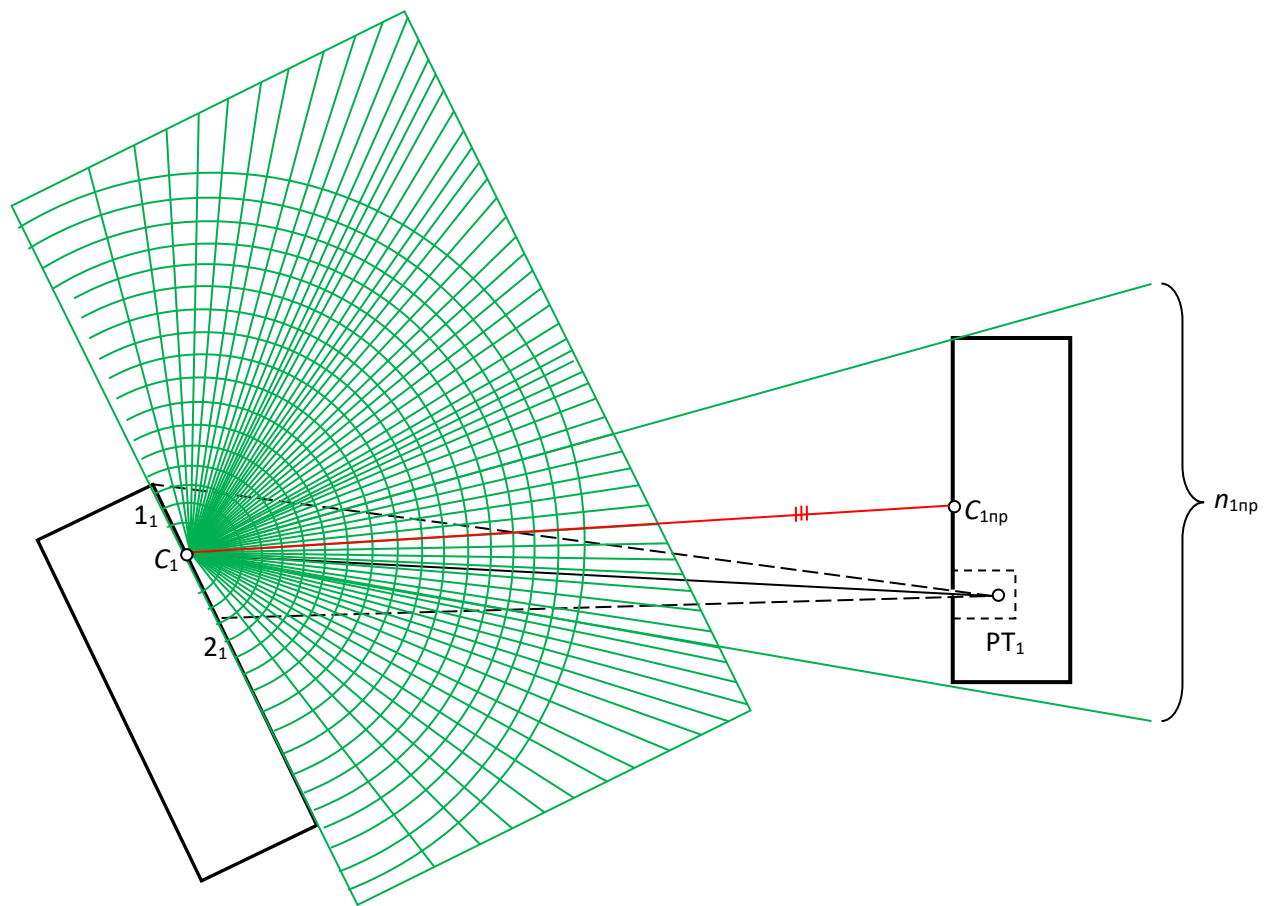
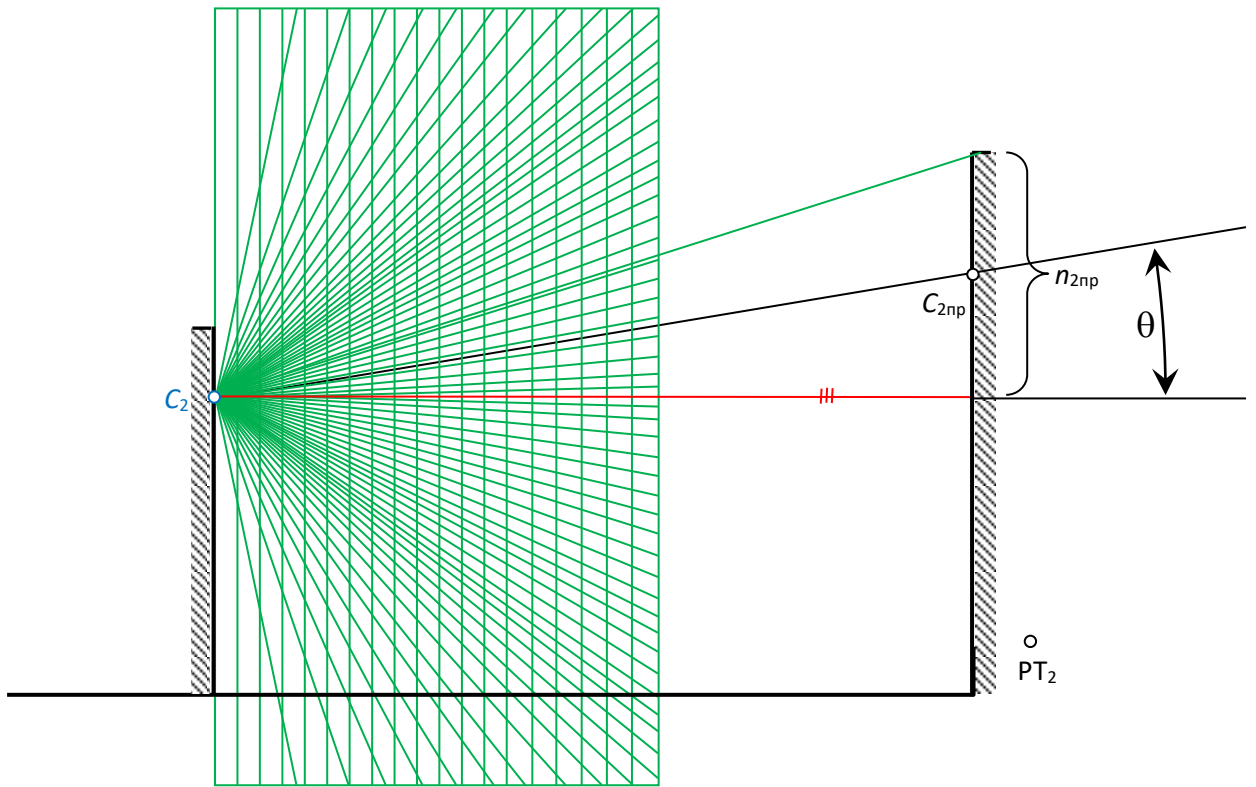
де 0,396 – це світло, що надходило б на фасад будинку від неба, якщо б він не затінювався будинком, в якому розраховується КПО;

$0,01\varepsilon_{\text{пр}}q$  – частина світла від неба, що затінюється будинком в якому розраховується КПО. Ця частина визначається таким чином.

$\varepsilon_{\text{пр}} = 0,01n_{1\text{пр}}n_{2\text{пр}}$  – дивись рисунок;

$q$  визначається за формулою Муна-Спенсер в залежності від кута  $\theta$





## Розрахунок КПО

Розрахунок КПО в розрахунковій точці від кожного світлопрорізу слід виконувати:

а) при боковому освітленні за формулою

$$D_p^{\text{б}} = \left( \sum_{i=1}^I D_{s_i} q_i m + \sum_{j=1}^J D_{e_j} R_j m_j \right) r_1 \frac{\tau_o}{K_3}; \quad (8)$$

б) при верхньому освітленні за формулами

$$\begin{cases} D_p^{\text{в}} = \left[ D_{\text{в}} + D_{\text{сер}} (r_2 K_{\text{л}} - 1) \right] \frac{\tau_o}{K_3}; \\ D_{\text{в}} = \sum_{i=1}^I D_{s_i} q_i m + \sum_{j=1}^J D_{e_j} R_j m_j; \\ D_{\text{сер}} = \frac{\sum_{i=1}^N D_{\text{в}i}}{N}; \end{cases} \quad (9)$$

де  $D_{s_i}$ ,  $D_{e_j}$  – геометричні КПО в розрахунковій точці, що враховують відповідно пряме світло від  $i$ -ї ділянки неба та світло, відбите від  $j$ -го фасаду протилежних будинків, що визначаються за формулами

$$D_s = 0,01 n_1 \cdot n_2, \quad D_e = 0,01 n'_1 \cdot n'_2, \quad (10)$$

де  $n_1$ ,  $n_2$  та  $n'_1$ ,  $n'_2$  – кількість променів, що надходять у РТ за графіками I і II від неба та затінюючого фасаду;

$q_i$  – коефіцієнт, що враховує нерівномірну яскравість  $i$ -ї ділянки хмарного неба МКО, визначається за формулою

$$q_i = \frac{3}{7} (1 + 2 \sin \theta), \quad (11)$$

де  $\theta$  – кутова висота центру  $i$ -ї ділянки неба відносно розрахункової точки;

$R_j$  – коефіцієнт, що враховує відносну яскравість  $j$ -го протилежного будинку, який розраховується за формулою

$$R_j = \left( 0,396 - 0,01 \sum_{k=1}^K D_{\text{пр}k} q_{\text{пр}k} \right) \rho_{\text{ф}}, \quad (12)$$



де  $D_{пр k}$  – геометричний КПО центру ваги ділянки фасаду, який спостерігається з розрахункової точки через вікно, від частини неба, що затінюється  $k$ -м будинком;

$q_{пр k}$  – відносна яскравість частини неба, від якої розраховується  $D_{пр k}$ ;

$\rho_{\phi}$  – коефіцієнт світловідбивання фасаду протилежного будинку, що визначається за п. 6.15 [7];

$m, m_j$  – коефіцієнти світлового клімату відповідно розрахункового світлопрорізу та  $j$ -го будинку, що визначаються за таблицею М.1 [7];

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

$r_1, r_2$  – коефіцієнти, що враховують підвищення КПО за рахунок світла, відбитого від внутрішніх поверхонь приміщення, які визначаються за таблицями М.7 або М.8 [7];

$\tau_0$  – загальний коефіцієнт світлопропускання, який визначається за формулою

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5, \quad (13)$$

де  $\tau_1$  – коефіцієнт світлопропускання матеріалу, який визначається за таблицею М.9 [7], або за даними випробувань;

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

$$\tau_2 = \frac{S_B - S_P}{S_B}, \quad (14)$$

де  $S_B$  – площа вікна (в світлі),  $m^2$ ;

$S_P$  – площа рами,  $m^2$ ;

$\tau_3$  – коефіцієнт, що враховує втрати світла у несучих конструкціях перекриття (у даному випадку  $\tau_3=1$ );

$\tau_4$  – коефіцієнт, що враховує затінення вікна конструкціями літніх приміщень, який визначається за таблицею М.11 (у даному випадку, при їхній відсутності,  $\tau_4=1$ );

$\tau_5$  – коефіцієнт, що враховує наявність захисної сітки під ліхтарями (у випадку відсутності сітки  $\tau_5 = 1$ , при її наявності  $\tau_5 = 0,9$ ).

$K_3$  – коефіцієнт запасу, який приймається за таблицею 5.3 [7];

$N$  – кількість розрахункових точок по характерному розрізу приміщення.

Сумарне значення КПО від усіх світлопрорізів у кожній розрахунковій точці визначається за формулою:

$$D = D_1 + D_2 + \dots + D_K \quad (15)$$

де  $K$  – кількість світлопрорізів у приміщенні.

Середнє значення КПО в характерному розрізі приміщення  $D_{\text{сер}}$ , %, визначається за формулою

$$D_{\text{сер}} = \frac{1}{N-1} \left( \frac{D_1}{2} + D_2 + D_3 + \dots + D_{N-1} + \frac{D_N}{2} \right), \quad (16)$$

де  $N$  – кількість точок, в яких визначається КПО (приймаємо  $N = 5$ );

$D_1; D_2; D_3; \dots D_N$  – значення КПО в точках характерного розрізу приміщення.